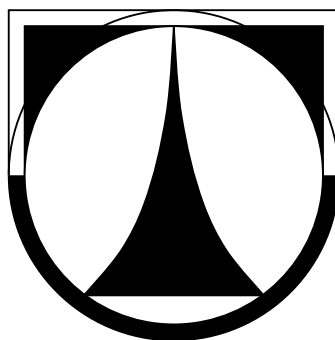


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilní chemie



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2008

Hana Machová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra textilní chemie

Studijní program: M3106 — Textilní inženýrství

Studijní obor: 3106T002 — Chemická technologie textilní

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Tenké vrstvy z polysacharidů

The Thin Layers of Polysaccharides

HANA MACHOVÁ

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jaroslav Odvárka, Dr. Sc.

Konzultant: doc. Ing. Jakub Wiener, Ph. D.

Rozsah práce: 50 stran

obrázků	tabulek	literatury	příloh
29	40	22	

Liberec

2008

Zde vložit zadání...

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo). Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít svou diplomovou práci či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci 12. května 2008

.....

Hana Machová

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jaroslavu Odvárkovi, Dr. Sc. a konzultantovi panu doc. Ing. Jakubu Wienerovi, Ph. D. za jejich odborné vedení, cenné rady, trpělivost a připomínky při vypracování této práce.

Mé nemalé díky patří i mým přátelům a blízkým za podporu, pochopení, rady a pomoc ve dnech vypracovávání této práce.

Tato práce byla vysázena pomocí typografického systému \LaTeX . Veškeré chemické vzorce a reakce byly vytvořeny volně dostupnou verzí programu ChemSketch 10.0.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá možnostmi hydrofilizace polypropylenové netkané textilie pomocí tenkých polysacharidových vrstev. Nanášení polysacharidové vrstvy je prováděno klocováním.

Klocovací lázeň obsahuje jako hlavní složku polysacharid. Další její složky mají umožnit smočení polypropylenové netkané textilie klocovací lázní a uchování hydrofilních vlastností vzniklé polysacharidové vrstvy i po jejím zasušení, kondenzaci a oplachu.

Dosažený efekt je hodnocen nejprve orientačně pomocí kapkového testu. Následné prověření nejvíce vyhovující receptury klocovací lázně je provedeno metodou vzlínání. Úspěšné pokrytí povrchu polypropylenové netkané textilie polysacharidovou vrstvou je u vybraných vzorků sledováno rastrovací elektronovou mikroskopií.

Klíčová slova

karboxymethylcelulóza, polypropylen, polysacharid, povrchové napětí, smáčení, síťování, škrob, tenzid

Annotation

This diploma thesis describes the options hydrophilization polypropylene non-woven through thin layers of polysaccharide. Application polysaccharide layer is made by padding.

Padding bath contains as the main component of polysaccharide. Another of its components to allow wetting polypropylene non-woven padding liquor and preservation of hydrophilic properties incurred polysaccharide layer after its drying, condensation and washing.

Their effect is evaluated using the first indication, drop test. Subsequent examination of the most satisfying recipes padding bath is carried out using capillary action. Successful cover the surface of non-woven polypropylene polysaccharide layer is selected samples examined scanning electron microscopy.

Keywords

carboxymethyl cellulose, polypropylene, polysaccharide, surface tension, wetting, cross-linking, starch, surfactant

Obsah

Prohlášení	iii
Poděkování	iv
Anotace	v
Úvod	1
Kapitola 1. Teoretická část	2
1.1 Polymery	2
1.1.1 Polypropylen	2
1.1.2 Polysacharidy	4
1.2 Tenzidy	6
1.3 Rozdělení tenzidů	7
1.3.1 Anionaktivní tenzidy	7
1.3.2 Kationaktivní tenzidy	9
1.3.3 Neionogenní tenzidy	9
1.3.4 Amfoterní tenzidy	11
1.4 Hydrofilní látky	12
1.4.1 Glycerol	12
1.4.2 Polyethylenglykol	14
1.4.3 Sorbitol	15
1.5 Síťování	15
1.6 Povrchové napětí	16
1.6.1 Hodnoty povrchového napětí	17
1.7 Testovací metody	18
1.7.1 Kapkový test	18

1.7.2	Stanovení savosti vůči vodě — vztlínání	18
1.7.3	Rastrovací elektronová mikroskopie	18
Kapitola 2.	Experimentální část	21
2.1	Použitý materiál a přístroje	21
2.1.1	Textilní materiál	21
2.1.2	Chemikálie	21
2.1.3	Přístroje	24
2.2	Orientační experimenty s CMC–Na	24
2.2.1	Pracovní postup	24
2.2.2	Experiment 1 — Experiment se základní lázní	24
2.2.3	Experiment 2 — Experiment s předkondenzováním	25
2.2.4	Experiment 3 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydrofilní látky do klocovací lázně	27
2.2.5	Experiment 4 — Experiment s přidavkem tenzidu, hydratační a hygroskopické látky do klocovací lázně	33
2.3	Vyhovující experiment s CMC–Na	35
2.3.1	Experiment 3 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydrofilní látky do klocovací lázně	35
2.4	Orientační experimenty se Solvitose C5	42
2.4.1	Pracovní postup	42
2.4.2	Experiment 1 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydra- tační látky	43
Kapitola 3.	Diskuse výsledků	45
3.1	Orientační experimenty s CMC–Na	45
3.2	Vyhovující experiment s CMC–Na	48
3.3	Orientační experimenty se Solvitose C5	48
Kapitola 4.	Závěr	49
Literatura		51

Seznam obrázků

1.1	Chemický vzorec celulózy	4
1.2	Chemický vzorec aniontu karboxymethylcelulózy	5
1.3	Chemický vzorec sodné soli karboxymethylcelulózy	6
1.4	Chemický vzorec škrobu	6
1.5	Chemický vzorec laurylsulfátu sodného	8
1.6	Chemický vzorec cetyltrimethylamonium bromidu	9
1.7	Chemický vzorec cocamide DEA	9
1.8	Chemický vzorec cocamidopropyl betainu	11
1.9	Obecná rovnice síťování primárního alkoholu pomocí aldehydu	15
1.10	Povrchové napětí	16
1.11	Tvar kapky na pevném povrchu	17
1.12	Schéma rastrovacího elektronového mikroskopu	20
2.1	Závislost výšky vzlínání na čase — měření číslo 1 experimentu 3/h . .	38
2.2	Závislost výšky vzlínání na čase — měření číslo 2 experimentu 3/h . .	38
2.3	Závislost výšky vzlínání na čase — měření číslo 3 experimentu 3/h . .	39
2.4	Závislost výšky vzlínání na čase — měření číslo 4 experimentu 3/h . .	39
2.5	Snímky neupraveného vzorku	40
2.6	Snímky upraveného vzorku — měření číslo 1	40
2.7	Snímky upraveného vzorku — měření číslo 2	41
2.8	Snímky upraveného vzorku — měření číslo 3	41
2.9	Snímky upraveného vzorku — měření číslo 4	42

Seznam tabulek

1.1	Hodnoty povrchového napětí	17
2.1	Složení klocovací lázně experimentu 1	25
2.2	Smáčení experimentu 1	25
2.3	Složení klocovací lázně experimentu 2/a	25
2.4	Smáčení experimentu 2/a	26
2.5	Technické parametry experimentu 2/a	26
2.6	Složení klocovací lázně experimentu 2/b	26
2.7	Smáčení experimentu 2/b	27
2.8	Technické parametry experimentu 2/b	27
2.9	Složení klocovací lázně experimentu 3/a	28
2.10	Smáčení experimentu 3/a	28
2.11	Složení klocovací lázně experimentu 3/b	29
2.12	Smáčení experimentu 3/b	29
2.13	Složení klocovací lázně experimentu 3/c	29
2.14	Smáčení experimentu 3/c	30
2.15	Složení klocovací lázně experimentu 3/d	30
2.16	Smáčení experimentu 3/d	30
2.17	Složení klocovací lázně experimentu 3/e	31
2.18	Smáčení experimentu 3/e	31
2.19	Složení klocovací lázně experimentu 3/f	31
2.20	Smáčení experimentu 3/f	32
2.21	Složení klocovací lázně experimentu 3/g	32
2.22	Smáčení experimentu 3/g	32
2.23	Složení klocovací lázně experimentu 4/a	33
2.24	Smáčení experimentu 4/a	33
2.25	Složení klocovací lázně experimentu 4/b	34

2.26 Smáčení experimentu 4/b	34
2.27 Složení klocovací lázně experimentu 4/c	35
2.28 Smáčení experimentu 4/c	35
2.29 Složení klocovací lázně a mokrý přivažek experimentu 3/h	36
2.30 Množství složek klocovací lázně na textilií experimentu 3/h	36
2.31 Smáčení experimentu 3/h	36
2.32 Hodnoty sacích výšek — měření číslo 1 experimentu 3/h	37
2.33 Hodnoty sacích výšek — měření číslo 2 experimentu 3/h	37
2.34 Hodnoty sacích výšek — měření číslo 3 experimentu 3/h	37
2.35 Hodnoty sacích výšek — měření číslo 4 experimentu 3/h	37
2.36 Složení klocovací lázně experimentu 1/a	43
2.37 Smáčení experimentu 1/a	43
2.38 Složení klocovací lázně experimentu 1/b	43
2.39 Smáčení experimentu 1/b	44

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
CAS	Chemical Abstracts Service
CMC	Carboxymethyl Cellulose
DNA	Deoxyribonucleic Acid
PEG	Polyethylenglykol
PP	Polypropylen
PPS	Průměrný polymerační stupeň
RNA	Ribonucleic Acid
SLS	Sodium Lauryl Sulfate
SLES	Sodium Laureth Sulfate
SEM	Scanning Electron Microscopy

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
α	rad	úhel smáčení
σ	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	povrchové napětí
σ_1	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	povrchové napětí mezi kapalinou a pevnou látkou
σ_2	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	povrchové napětí mezi kapalinou a plynnou látkou
σ_3	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	povrchové napětí mezi pevnou a plynnou látkou
Δs	m	přírůstek vzdálenosti
h	cm	výška vzlínání
l	m	délka rámečku
t	min	doba styku textilie s testovací kapalinou
E	$\text{J} \cdot \text{s}^{-2}$	povrchová energie
F	N	síla působící na blánu kapaliny

Úvod

V současné době stoupá poptávka po jednorázových hygienických potřebách. Proto je snaha nahradit stávající materiály levněji vyrobitelnými syntetickými materiály, které by měly v mnoha ohledech lepší vlastnosti.

Hlavním cílem, který si klade tato práce je zkoumat možnosti hydrofilizace polypropylenové netkané textilie pomocí tenkých polysacharidových vrstev. Hydrofilizace je také úspěšně dosahováno pomocí plazmy. Další možností hydrofilizace polypropylenové netkané textilie je pomocí produktů reakce acetonu a vodného roztoku hydroxidu draselného jak popisuje [10].

Řešená problematika je v současnosti popsána v mnoha odborných článcích, časopisech a výzkumných zprávách publikovaných například na jednom z největších vědeckých serverů na světě ScienceDirect^{0.1)}. Za všechny jsou uvedeny zejména [14], [18] a [22], použité jako prameny k seznámení s řešenou problematikou.

Celá práce je systematicky rozčleněna do čtyř hlavních kapitol.

Kapitola první je teoretická. Stručně popisuje textilní materiál, nejdůležitější složky klocovacích lázní a metody použité při testování.

Kapitola druhá se zaměřuje na praktické provedení experimentů, které měly za cíl hydrofilizovat polypropylenovou netkanou textilií pomocí tenkých polysacharidových vrstev.

Kapitola třetí je věnována souhrnu výsledků získaných na základě experimentů a diskusi možných vlivů na tyto výsledky.

Kapitola čtvrtá shrnuje získané poznatky celé práce a možnosti jejich uplatnění v praxi nebo dalším výzkumu.

^{0.1)}Dostupný z <http://www.sciencedirect.com/>.

Kapitola 1

Teoretická část

1.1 Polymery

Polymery jsou makromolekulární látky složené z molekul jednoho nebo více druhů atomů nebo skupin atomů, tvořících strukturní resp. stavební jednotku. Jednotlivé atomy i strukturní jednotky jsou v polymeru navzájem spojeny ve velkém počtu. Velký počet atomů tvořících polymer způsobuje, že řada fyzikálních a chemických vlastností polymeru se nezmění přidáním nebo odebráním jedné nebo několika strukturních jednotek. Relativní molekulová hmotnost je minimálně 10^3 . Vyskytují se v přírodě, ale většina z nich je připravena synteticky. Polymery typicky vznikají polymerací, polykondenzací a polyadící [19].

Polymery se dělí do dvou hlavních skupin [19]:

1. **Syntetické polymery:** plasty, nátěrové hmoty, syntetické kaučuky, syntetická vlákna, syntetické pryskyřice atd.
2. **Přírodní polymery:** bílkoviny, nukleové kyseliny (DNA, RNA), živočišná a rostlinná vlákna (přírodní hedvábí, vlna, bavlna atd.), zásobní látky (škrob, glykogen), stavební látky v živých organismech (celulóza, chitin), přírodní kaučuk.

1.1.1 Polypropylen

Výchozí surovina k výrobě jsou odpady vzniklé při zpracování ropy, polypropylen (PP) je proto levnější než ostatní syntetické polymerní materiály. Polymerizovaná

hmota se taví a protahuje při teplotě do 200 °C. PP se získává za pomoci katalyzátorů polymerizací propenu [7].

Vlastnosti PP závisí na poměru a uspořádání monomerů. Jsou známy jeho tři varianty: ataktický, izotaktický a syndiotaktický polymer. Jednotlivé varianty se vzájemně liší svými vlastnostmi [7]:

1. **Ataktický PP:** pružný, měkký, složka plastických tmelů.
2. **Izotaktický PP:** čím vyšší podíl izotaktické složky — kolem 90 až 95 % (vždy je ve struktuře malý ataktický podíl), tím lepší konečné vlastnosti, které lze ovlivnit použitým katalyzátorem. Podíl ataktické složky je potom kolem 1 %.
3. **Syndiotaktický PP:** vysoce průzračný, vyšší houževnatost, vysoká cena.

Nejvíce se PP používá ve své izotaktické podobě. PP je částečně krystalický plast (stupeň krystalinity cca 50 %), středně pevný, tuhý a houževnatý materiál. Lze ho vyvařovat. Je hořlavý, odkapává, elektroizolační vlastnosti jsou na dobré úrovni. Neodolává povětrnostním vlivům, jeho chemická odolnost je dostatečná. Podléhá však oxidaci, pod bodem mrazu čistý polypropylen křehne. Ve hmotě ho lze velmi dobře barvit, nedá se lepit [7].

Asi 20 % PP se produkuje jako textilní vlákno. S průmyslovou výrobou se začalo koncem 50. let minulého století v Itálii. Spotřeba textilních PP vláken vzrostla v posledních letech razantně a PP se stal co do množství s 5 miliony tun roční celosvětové produkce třetí nejdůležitější textilní surovinou (po bavlně a polyesteru). Ze tří známých variant PP se k výrobě textilních vláken hodí jen izotaktické polymery, které mají zcela stejnoměrnou molekulární strukturu. Při výrobě PP se často přidávají barviva, protože hotové vlákno se dá jen velmi obtížně barvit. Vlákno se vyrábí ve formě hedvábí, stříže a stužky v jemnostech od mikrovláknenných filamentů až po hrubé monofily [5].

PP je nejlehčí ze všech textilních vláken. Jeho měrná hmotnost se pohybuje kolem $0,91 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, vlákno je odolné proti chemikáliím, má velmi dobrou pevnost v oděru, minimální navlhavost, nízký sklon k nabíjení statickou elektřinou a ke žmolkování. V omaku se PP vlákna neliší od ovčí vlny. K nevýhodám PP patří nízká schopnost zotavení po deformaci, malá odolnost proti účinkům světla a vyšších teplot. PP se často používá ve směsi s jinými umělými i přírodními vlákny. Nejméně polovina surovin na netkané textilie jsou PP vlákna (geotextilie, umělý trávník,

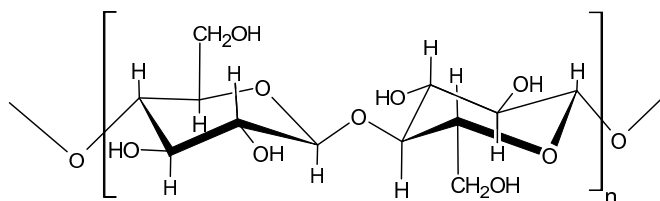
vlákněná rouna jako podklad na nejrůznější laminované produkty). Dále se používá jako podkladová tkanina a vlasová příze na tkané a prošívání koberce. Uplatnění našel i jako žíně na kartáčnícké výrobky, pletené sportovní oděvy, dětské prádlo nebo jemné ponožky [11, 5].

1.1.2 Polysacharidy

Polysacharidy jsou nejrozšířenější makromolekulární látky vyskytující se v přírodě. Základními stavebními jednotkami jsou pentózy a hexózy. Ke spojení jednotek dochází prostřednictvím glykosidické vazby (kondenzace poloacetalové skupiny na C_1 jednoho monomeru s některou OH - skupinou druhého cukru) [19].

Mají podobnou strukturu jako oligosacharidy s tím rozdílem, že počet monosacharidových jednotek v jejich molekulách obvykle dosahuje mnoha set až tisíc. Jsou to makromolekulární sloučeniny, které neredukují Fehlingovo ani Tollensovo činidlo. Na rozdíl od jednoduchých cukrů se ve vodě rozpouštějí málo nebo vůbec ne [21].

Celulóza



Obr. 1.1: Chemický vzorec celulózy

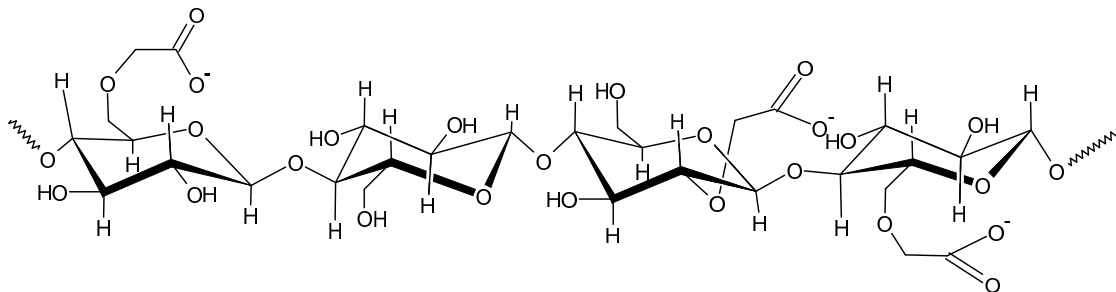
Řetězce celulózy tvoří 10–15 tisíc molekul D-glukózy spojených $\beta(1 \rightarrow 4)$ glykosidickou vazbou. Několik desítek paralelních řetězců pevně propojených vodíkovými vazbami tvoří pevné celulózové mikrovlákně, nerozpustné ve vodě a běžných rozpouštědlech jako např. hydroxid tetraaminoměďnatý (Schweizerovo činidlo) [19].

Celulóza je důležitou technickou surovinou, používá se k výrobě papíru, výbušnin, lepidel, nátěrových hmot, pomocných textilních prostředků apod. Významné postavení mají přírodní celulózová vlákna (bavlna, len, konopí, juta atd.) [19].

Reakce s činidly probíhají přednostně na OH - skupinách. Na každé strukturní jednotce je jedna primární alkoholická skupina (na C_6) a dvě sekundární alkoholické skupiny (na C_2 , C_3) [19].

Karboxymethylcelulóza

Karboxymethylcelulóza (CMC, E466) je derivát celulózy vzniklý reakcí celulózy s chlórctovou kyselinou.



Obr. 1.2: Chemický vzorec aniontu karboxymethylcelulózy

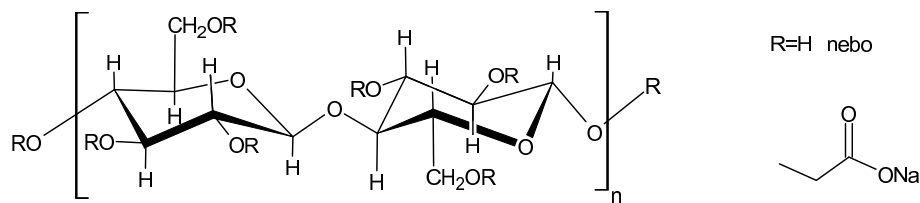
Struktura **CMC** je založena na polymeru celulózy, který je tvořen $\beta(1\rightarrow4)$ -D-glukopyranosovými jednotkami. Různé přípravky mohou způsobit různé stupně substituce celulózy, ale tento stupeň substituce se obecně pohybuje v rozsahu 0,6 až 0,95 na monomerní jednotku. Při vysokém i nízkém stupni substituce jsou molekuly **CMC** průměrně kratší, než molekuly celulózy obsahující odlišné substituenty než je karboxymethyl skupina. Substituenty se většinou nacházejí na původní hydroxylové skupině náležející druhému a šestému uhlíku celulózy, potom následují substituce vodíků ostatních skupin. Vzniká **CMC** s různým stupněm substituce [9].

Zdá se, že substituční proces vodíků hydroxylových skupin je znemožňován přítomností reakčních produktů předchozí substituce. Při nízké koncentraci **CMC** v roztoku mají molekuly **CMC** lineární charakter, při vyšších koncentracích **CMC** v roztoku se molekuly **CMC** stáčí a celá struktura přechází do stavu termoreversibilního gelu. V přítomnosti vápenatých iontů ve formu gelu nepřechází. **CMC** se rychle rozpouští ve studené vodě, má i schopnost vodu zadržovat. Její schopnost zadržovat vodu souvisí s počtem substituentů celulózy. **CMC** může za nízkého pH zesíťovat, vazba vzniká na karboxylové nebo hydroxylové skupině [9].

Vlastností **CMC** se využívá při udržení nebo získání požadované viskozity látek při jejich nízké teplotě a také pro snižování obsahu tuků v potravinách. Vlastnosti jsou zvláště výrazné, když je použita její vápenatá sůl.

Sodná sůl karboxymethylcelulózy

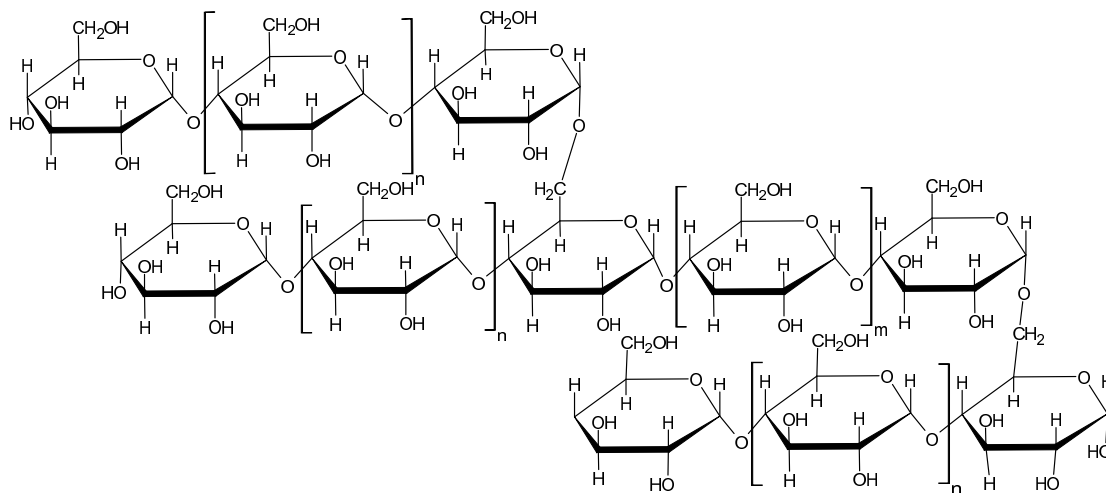
Sodná sůl karboxymethylcelulózy vzniká reakcí alkaliceleulózy s chloroctanem sodným. Její předností je dobrá rozpustnost ve vodě [19].



Obr. 1.3: Chemický vzorec sodné soli karboxymethylcelulózy



Škrob



Obr. 1.4: Chemický vzorec škrobu

Škrob je jedním z nejvýznamnějších D-glukanů. V jeho molekulách jsou D-glukóзовé jednotky spojovány glykosidickými vazbami $\alpha(1 \rightarrow 4)$. Není jednotnou látkou, ale skládá se ze dvou strukturně odlišných D-glukanů, amylozy (v průměru 20 %) a amylopektinu (v průměru 80 %), které lze od sebe oddělit [8].

Amylóza je lineární $\alpha(1 \rightarrow 4)$ -D-glukan, rozpustný ve vodě, který se jódem barví modře. Amylopektin je rovněž $\alpha(1 \rightarrow 4)$ -D-glukan, ale s makromolekulami rozvětvenými (na šestém uhlíkovém atomu) [21].

1.2 Tenzidy

Tenzidy jsou povrchově aktivní látky, snižující povrchové napětí. Povrchové napětí snižují svoji samovolnou koncentrací na fázovém rozhraní. Jelikož tenzidy snižují povrchové napětí rozpouštědel, usnadňují rozpouštění a odstraňování nečistot. Toho

se často používá v čistících a pracích prostředcích. Známým příkladem tenzidu je mýdlo. Tenzidy se používají již desítky let a jsou součástí nejen kosmetických prostředků určených k čištění povrchu lidského těla, ale i většiny chemických přípravků určených k čištění jak v průmyslových provozech, tak v domácnosti [15, 16].

Vzhledem k širokému použití ve velkých objemech byly tyto látky od nepaměti předmětem opakovaných toxikologických studií a nikdy nebyl prokázán žádný účinek ve smyslu karcinogenity. Jedinou prokázanou negativní vlastností je jejich schopnost dráždit kůži (i sliznici oka) při aplikaci ve vodném roztoku ve vyšších koncentracích. Navozené podráždění kůže je pouze dočasné a zcela reverzibilní [16].

V recepturách kosmetických prostředků se tenzidy používají vždy v takové koncentraci, při které dráždivé účinky pro kůži nemají. U průmyslových čistidel nebo prostředků pro čištění v domácnosti jsou někdy používány vyšší koncentrace a receptura výrobku obsahuje i další, pro kůži potenciálně agresivní látky, zvyšující čistící vlastnosti výrobku. V tomto případě je spotřebitel výrobcem upozorněn na nutné použití ochranných rukavic a dalších ochranných prostředků, které podráždění kůže při práci zamezí [1, 16].

Tenzidy mají pro zušlechťování textilií dalekosáhlý význam. Tyto látky působí jako prací, čistící, avivážní a desinfekční prostředky a dále umožňují a zrychlují průběh jiných zušlechťovacích operací jako smáčedla, dispergátory, emulgátory, egalizační prostředky atd. [16].

Při jejich aplikaci na textilní vlákna podstatně ovlivňují nejen chemické operace (barvení, merceraci, karbonizaci), ale mají podstatný vliv i na průběh dalšího zpracování přádelnách, tkalcovnách apod. [16].

1.3 Rozdělení tenzidů

Tenzidy dělíme z hlediska iontového charakteru hydrofilní skupiny na ionogenní a ne-ionogenní. Iontový charakter molekuly tenzidu se projeví až po vložení tenzidu do vodného prostředí, protože ve vodném prostředí disociují [15, 16].

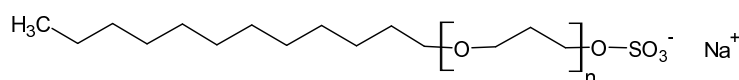
1.3.1 Anionaktivní tenzidy

První anionaktivní tenzidy, které nahradily mýdla, byly alkylbenzensulfonáty nazývané saponáty (alkylbenzensulfonová kyselina a její soli). Roztoky alkylbenzensulfo-

nátů jsou téměř neutrální, s ionty způsobujícími tvrdost vody však tvoří nerozpustné soli, a tím jejich prací schopnost klesá [3].

V posledních letech však byly vyvinuty nové anionaktivní tenzidy, např. sulfáty mastných alkoholů, olefinsulfonáty, které mají vynikající prací schopnosti nezávislé na tvrdosti vody i při relativně nízkých teplotách. Kromě toho jsou velmi šetrné k pokožce. Sulfáty proto slouží jako prací prostředek pro jemné prádlo a vlnu, jako šampóny a ruční mycí prostředky na nádobí, případně jako přísada do koupelnových pěn. Sulfonáty se hlavně používají jako prací prostředky textilií [3].

Laurylsulfát sodný

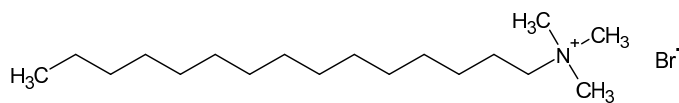


Obr. 1.5: Chemický vzorec laurylsulfátu sodného

Laurylsulfát sodný (SLS), jehož mírný potenciál dráždivosti je přítomen pouze ve známém rozmezí koncentrace látky ve vodě, a jeho pro kůži šetrnější varianta Laurylhydrogensulfát (SLES) jsou častou součástí kosmetických prostředků, jako jsou šampóny, tekutá mýdla, pěny do koupele nebo i zubní pasty. Laurylsulfát sodný se tedy používá v řadě toxikologických studií jako „kontrola“. Bez přítomnosti SLS/SLES v receptuře kosmetických prostředků by tyto výrobky ztratily své mycí a pěnicí schopnosti. SLS, jehož Chemical Abstracts Service (CAS) je 151–21–3, ani SLES, jehož CAS je 9004–82–4 a 1335–72–4, jsou uvedeny jako obvyklé, bezpečné ingredience ve vyhlášce č. 75/2003 Sb., kterou se stanoví seznam ingrediencí kosmetických prostředků, jejich názvosloví, funkce a podmínky použití a varování. Žádná z těchto látek není uvedena mezi chemickými látkami, které jsou klasifikovány jako látky nebezpečné ve vyhlášce č. 232/2004 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých zákonů, týkající se klasifikace, balení a označování nebezpečných chemických látek a přípravků. Nahlédneme-li do známých databází chemických látek (např. ChemKnowledge, RTECS^{1.1)} apod.), které uvádějí toxikologické vlastnosti chemických látek, pro SLS a SLES žádné nebezpečné vlastnosti (kromě potenciálu dráždivosti) nejsou uvedeny. Zprávy o možných karcinogenních účincích těchto dvou látek je proto nutno považovat jako nepodložené [1, 3].

^{1.1)}Dostupné z <http://ccinfoweb.ccohs.ca/rtecs/search.html>

1.3.2 Kationaktivní tenzidy

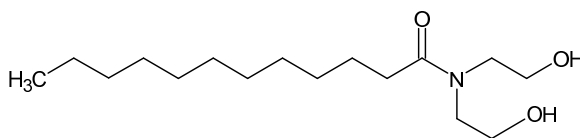


Obr. 1.6: Chemický vzorec cetyltrimethylamonium bromidu

Tato skupina tenzidů se vyrábí v menším rozsahu a jejich význam spočívá především v dezinfekčních a antiseptických účincích. Kationaktivní tenzidy vytvářejí adsorpční vrstvy na mikroorganismech, a tím naruší jejich respirační a metabolické funkce, což vede postupně k zániku mikrobiálních látek. Přípravky nepoškozuji pokožku a toxicita je velmi malá. Uplatňují se proto jako antiseptika, dezinfekční, koupelové a kosmetické přípravky. Nejdůležitější kationaktivní prostředky jsou organické kvartérní amoniové soli, které se obvykle vyrábějí reakcí z vyšších jednosytných alkoholů a halogenkarboxylových kyselin nebo jejich esterů, vzniklý halogenester dále reaguje s terciárním aminem na kvartérní amoniovou sůl esteru vyšší alkanové kyseliny [3].

Je možné že, tyto látky nemají pro praní žádný praktický význam, protože uvolňování částic nečistoty obklopené kationty je komplikováno záporně nabitým vláknem. Přesto se kationty tenzidů na vlákno zakotvují, neboť se tak změní povrchové vlastnosti tkaniny. Prádlo změkčí a nemá nepříjemnou suchou tuhost. Tyto tzv. avivážní prostředky však mají své nevýhody. S anionaktivními tenzidy vytvářejí špatně rozpustné soli, nemohou se tedy míchat dohromady. Prádlo ošetřené dříve kationaktivním tenzidem jako aviváží, by spotřebovalo při dalším praní daleko větší množství anionaktivního tenzidu. Proto se aviváž přidává až do poslední vody na máchání. Savost tkaniny se aviváží snižuje asi o 20 % a v poslední době sílí podezření, že může být příčinou alergií, dráždění kůže i plísňových onemocnění [3].

1.3.3 Neionogenní tenzidy



Obr. 1.7: Chemický vzorec cocamide DEA

Neionogenní tenszidy se rozpouštějí v povrchově aktivní roztoky, přičemž nedochází k disociaci a ke vzniku iontů. Tyto látky obsahují slabě polární skupiny jako aminoskupiny, etherové kyslíkové atomy a hydroxylové skupiny, které tvoří s molekulami vody vodíkové můstky, což umožňuje rozpustnost těchto látek ve vodném roztoku. Základními surovinami jsou vyšší alkanové — mastné kyseliny, vyšší alkoholy a alkylfenoly, které s oxiranem poskytují acylpolyglykoethery, alkylpolyglykoethery a alkylfenylpolyglykoethery [3].

Tyto tenszidy slouží jako prací, mycí a čistící prostředky. Jejich prací síla nezávisí na pH roztoku a je výrazně lepší než prací schopnost alkylbensulfonátů, především při teplotách 30 až 60 °C. Mají nižší sklon k pění. Proto se používají v pračkách a myčkách, většinou v kombinaci s anionaktivními tenszidy, neboť jejich prací účinnost s rostoucí teplotou klesá. Širšímu nasazení neionogenních tenszidů v současné době brání jejich poměrně vysoká cena a problémy spojené s výrobou práškovitých pracích substancí [3].

Při výrobě neionogenních tenszidů se využívají také kondenzační reakce vyšších mastných kyselin s aminoalkoholy, při nichž vznikají alkylamidové deriváty alkanových kyselin. Tak kondenzací methylesteru kyseliny laurové s diethanolaminem vznikne rozpustný tenszid diethylamid kyseliny laurové [3].

Diethanolamidové tenszidy podstatně zvyšují viskozitu kapalných detergentů a jejich velmi dobré antikorozi účinky se využívají při výrobě mazacích olejů a tuků. Uplatňují se i v textilním průmyslu a v kosmetice, např. při výrobě šampónů a prostředků na chemické čištění [3].

Další významnější neionogenní tenszidy jsou kondenzační produkty vícesytných alkoholů a sacharidů s vyššími alkanovými kyselinami. Nejvíce se používá sorbitol, který s alkanovými kyselinami vytváří různou směs různých esterifikovaných sorbitanů, jejichž předností je netoxičnost a velmi dobré emulgační schopnosti [3].

Ze sacharidových surovin se využívá především sacharóza, ale také laktóza a škrob. Z vyšších alkanových kyselin se esterifikují kyselina laurová, palmitová, stearová a olejová nebo jejich chloridy, anhydridy i triglyceridy, a zejména jejich methylestery [3].

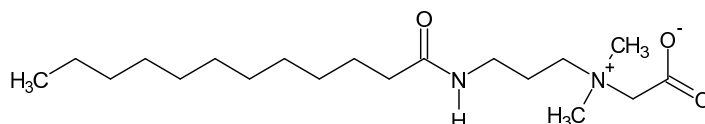
Například při reesterifikaci methylstearátu sacharózou vznikne 85 % sacharózo-monoesteru kyseliny stearové. Vzhledem k citlivosti k vyšším teplotám se v provozu udržuje reakční teplota mezi 90 až 95 °C [3].

V praxi jsou žádanější monoestery pro svou rozpustnost ve vodě. Diestery a vyš-

ších estery jsou rozpustné pouze v méně polárních rozpouštědlech. K získání dobrých výtěžků je potřeba oddestilovat vzniklý methanol. Vyrobený surový monoester sacharózy se přečistí rozpuštěním v acetonu a nerozpustná sacharóza se odstředí. Po oddestilování acetonu se produkt ještě rozpustí a pak předestiluje [3].

Sacharidické estery vyšších karboxylových kyselin patří k malé skupině neionogenních tenzidů, jež jsou za normální teploty pevné a dají se proto vysoušet v rozprašovacích sušárnách jako běžné anionaktivní tenzidy. Odmašťovací schopnost sacharidových monoesterů se zvyšuje s rostoucí délkou řetězce alifatické kyseliny. Velkou výhodou těchto tenzidů je možnost jejich biologické degradace, což usnadňuje čištění odpadních vod a nepoškozuje životní prostředí. Netoxičnost a biologická metabolizovatelnost těchto výrobků umožňuje jejich využití v potravinářském průmyslu. Přísada sacharózových esterů v množství 10 % při výrobě pečiva příznivě ovlivňuje jeho jakost (sacharózové estery kyseliny. palmitové a stearové vytvoří na pečivu, kolem škrobu jemnou adsorpční vrstvičku, která zabraňuje úbytku vlhkosti a tím udrží křehkost pečiva). V zemědělství se sacharózových esterů užívá jako přísad zlepšující stravitelnost tukových složek v krmivech pro hospodářská zvířata, v kosmetickém průmyslu jako přísad v pleťových krémech, zubních pastách a šamponech, příznivě působících na pokožky a sliznice [3].

1.3.4 Amfoterní tenzidy



Obr. 1.8: Chemický vzorec cocamidopropyl betainu

Amfoterní tenzidy vzhledem ke své vysoké ceně nejsou až tak používány. Tyto tenzidy sjednocují všechny dobré vlastnosti pracích prostředků, zvláště dobrou snášenlivost s pokožkou a se sliznicemi, a rovněž mají antibakteriální účinek. Jejich hlavní oblastí využití je kosmetika. Výroba těchto tenzidů vychází z rostlinných produktů, zejména z kokosového nebo palmového oleje [3].

1.4 Hydrofilní látky

1.4.1 Glycerol

Glycerol, neboli glycerín, systematickým názvem 1,2,3-propantriol, je hygroskopická bezbarvá viskózní kapalina bez zápachu, sladké chuti. Je důležitou biogenní organickou sloučeninou, neboť je ve formě svých esterů součástí lipidů [4].

Glycerol je slabě jedovatý. V menších dávkách způsobuje bolesti hlavy, žaludeční potíže a zvracení. Ve větších dávkách může způsobit poškození jater. Nejnížší toxická dávka podaná orálně u člověka činí přibližně $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ živé hmotnosti. Průměrný člověk by jej musel požit nejméně 90 až 120 g, aby se u něho projevil symptomy otravy. V nízkých koncentracích je prakticky neškodný. Ve zředěném stavu se používá ke zvlhčování pokožky a sliznic, neboť váže atmosférickou vlhkost a tím ji přenáší do povrchu těla. Naopak použití čistého glycerinu je nevhodné, protože ten z pokožky odčerpává vlhkost a tím ji vysušuje [4].

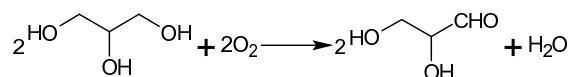
Glycerol se používá v kosmetických výrobcích, zejména je přísadou v hydratačních krémech, mýdlech a zubních pastách. Používá při výrobě plastických hmot, kde plní funkci změkčovadla, léčiv, barviv, výbušnin a bezvodého ethanolu. Je součástí nemrznoucích směsí, většinou v kombinaci s ethylenglykolem. V potravinářském průmyslu se užívá jako přísada pro úpravu nápojů a méně kvalitních vín, jako sladidlo např. v šlehačkách. Funkci změkčovadla plní v různých želé a jiných cukrovinkách atp. V potravinách má E kód E 422. V lékařství se užívá při léčbě otoku mozku jako přísada infuze, ke snižování vnitroočního tlaku, při zácpách ke změkčení stolice ve formě glycerinových čípků [4].

Přítomnost hydroxylových skupin způsobuje, že molekula glycerolu je polární a proto se neomezeně mísí s vodou a jednoduchými alkoholy (např. methanolem a ethanolem). V nepolárních rozpouštědlech (např. benzin) se nerozpouští [4].

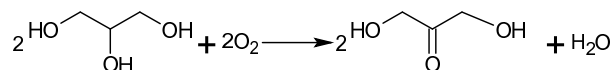
Hlavním zdrojem glycerolu byly přírodní tuky. Při výrobě mýdla se působením hydroxidu sodného nebo hydroxidu draselného tuky štěpí na glycerol a směs alkalických solí alifatických karboxylových kyselin, které jsou podstatou mýdla [4].

Chemické reakce glycerolu

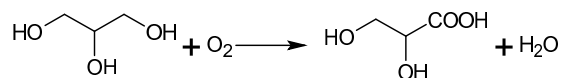
Glycerol je trojsytný alkohol. Jeho oxidací vzniká celá řada látek. Šetrnou oxidací jedné primární alkoholické skupiny vzniká jednoduchý monosacharid, aldotriosa.



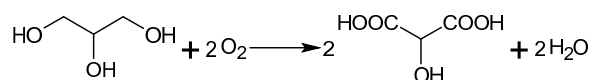
Naopak oxidací sekundární alkoholické skupiny vzniká jiný monosacharid, keto-triosa.



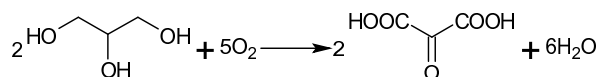
Plnou oxidací jedné primární alkoholické skupiny dostaneme kyselinu glycerovou.



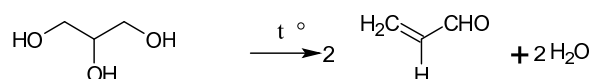
Úplnou oxidací obou primárních alkoholických skupin vzniká kyselina tartronová.



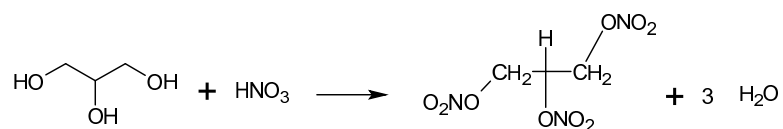
Úplnou oxidací vzniká nejjednodušší ketodikyselina, kyselina mesoxalová.



Zahříván bez přístupu vzduchu odštěpuje vodu a mění se na nenasycený aldehyd akrolein (propenal).



Působením nitračních činidel (např. směsi koncentrované kyseliny dusičné a kyseliny sírové na glycerol vzniká trinitrát glycerolu, známější pod názvem nitroglycerin.



Glycerol vzniká vedle ethanolu v procesu kvašení glukózy z 1,3-dihydroxyacetonu, resp. 1,3-dihydroxyacetonfosfátu, který je běžným produktem štěpení glukózy enzymatickou redukcí redukovanou formou β -nikotinamidadeninukleotidu za přítomnosti glycerolhydrogenasy. Proto je také vedlejším produktem přípravy ethanolu z glukózy fermentací kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae*. Probíhá-li kvašení glukózy za přítomnosti většího množství siřičitanů, blokuje se částečně redukce acetaldehydu na ethanol a ve výsledné směsi se zvýší obsah glycerolu. Podobně lze produkci glycerolu na úkor ethanolu zvýšit, probíhá-li fermentace v neutrálním nebo slabě zásaditém prostředí. Mnohem větší produkce glycerolu lze však dosáhnout při použití jiných druhů mikroorganismů (např. *Debaryomyces hansenii*, *Saccharomyces rouxii*, *Saccharomyces mellis*, *Pichia* miso, *Pichia farinosa*, *Torulopsis magnoliae*, *Zygosaccharomyces acidificans* atd.) [4].

1.4.2 Polyethylenglykol

Polyethylenglykol (PEG) je polymerní látka tvořená ethylenglykolovou monomerní jednotkou. Každá monomerní jednotka obsahuje kyslíkové atomy, které tvoří polární vazbu s atomem uhlíku. Tato polarita je příčinou hydrofilnosti PEG a jeho schopnosti zadržovat vodu [17].

PEG je pro jeho vlastnosti, a to zejména schopnosti zadržovat vodu, součástí zubních past, kde zabraňuje jejich vysychání [17].

Je součástí mnoha kosmetických přípravků používaných v Evropě, zde jsou cenné hlavně jeho viskózní vlastnosti, rozpustnost ve vodě a nízká jedovatost. Nejedovaté jsou i ethery a estery jeho kyselin [17].

Při současném masivním používání byly jen velmi zřídka zaznamenány případy negativních reakcí kůže. Případná negativní reakce byla vždy podmíněna dalšími faktory, jako je poškození nebo chronické zanícení kůže.

U polyethylenglykolů byla vždy sledována jejich karcinogenita, jedovatost a jejich vliv na reprodukci a vývoj plodu a nikdy nebylo při jejich použití v kosmetice zaznamenáno ohrožení života nebo zdraví [17].

Například pro PEG 6000 je smrtelná dávka $50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, což bylo zjištěno na laboratorních krysách. Člověku jsou polyethylenglykoly netoxické, jelikož při jejich požití se v žaludku jen těžko vstřebávají [17].

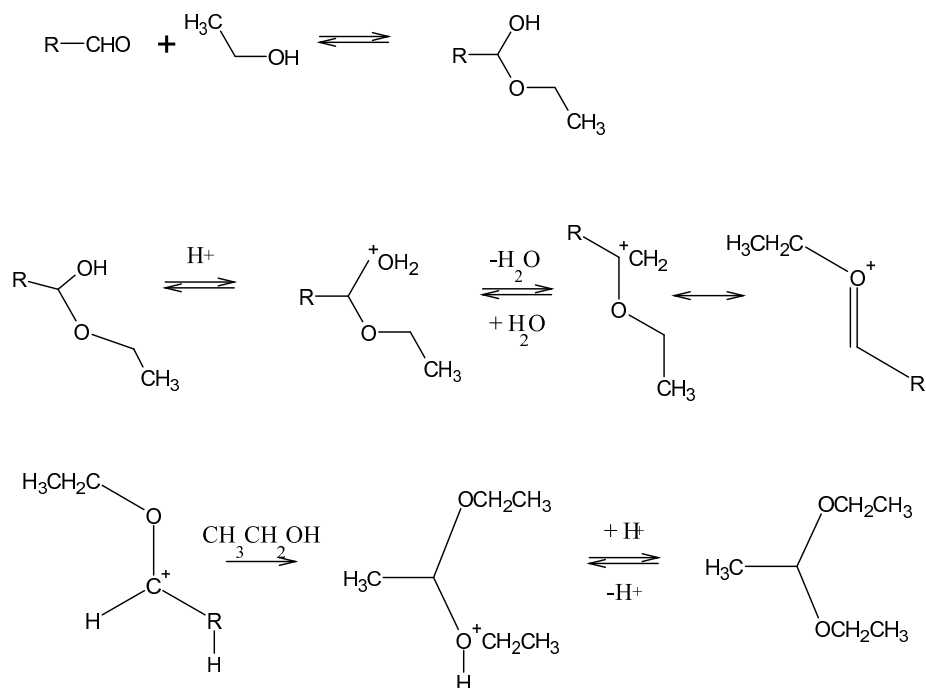
1.4.3 Sorbitol

Sorbitol (sorbit, D-glucitol) je alkoholický cukr (alditol). Je obsažen v ovoci, zejména v třešních a hruškách. Izolován byl poprvé v roce 1872 z jasanu. Užívá se jako náhradní sladidlo při výrobě pečiva, cukrovinek, žvýkaček apod [6].

Průmyslově se vyrábí redukcí glukózy. Výrobu sorbitolu ze sacharózy lze realizovat dvěma způsoby: chemickou a biochemickou cestou. V obou případech je nejprve nutné rozštěpit molekulu sacharózy na glukózu a fruktózu a dále pracovat s těmito monosacharidy. Vedlejším produktem technologie výroby sorbitolu je fruktózový sirup [6].

Sorbitol se používán i jako náhradní sladidlo pro diabetiky. Má poloviční sladivost než běžný cukr a v organismu se mění na fruktózu. Dále se používá pro přípravu infuzních roztoků, pro výrobu vitamínu C, tenzidů, léků a zubních past [6].

1.5 Síťování



Obr. 1.9: Obecná rovnice síťování primárního alkoholu pomocí aldehydu

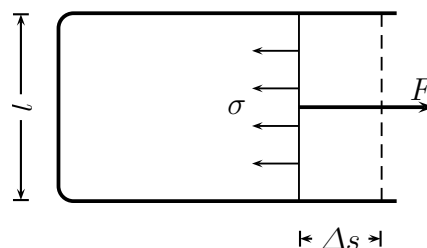
Podstatou síťování je vzájemné pospojování polymerních řetězců vedoucí ke zvětšování makromolekul. Má mimořádný význam, protože dochází k podstatným

změnám vlastností, např. zhoršení rozpustnosti, tavitelnosti, zvýšení tvarové stálosti a odolnosti vůči chemikáliím. Důsledkem těchto změn je obtížnější zpracovatelnost, proto je účelné vytvořit zesíťnou strukturu až v hotovém výrobku. Čím hustší je zesíťnění, tím je menší přístupnost pro nízkomolekulární látky, tzn. klesá navlhavost, bobtnavost apod [19].

1.6 Povrchové napětí

Mezi povrchové jevy, projevující se na rozhraních mezi látkami patří kromě adheze, koheze i povrchové napětí. Jedná se především o jev na rozhraní kapalina — plyn a kapalina — pevná látka [12].

Povrchové napětí kapaliny je důsledkem přitažlivých sil mezi molekulami. vektorový součet sil působících na molekulu uvnitř kapaliny je nulový, zatímco výslednice sil působících na molekulu u povrchu není nulová. Molekula u povrchu kapaliny je vtahována do vnitřku kapaliny. Výsledkem toho je snaha kapalin zaujmout tvar s minimálním povrchem, tj. tvar koule. Ke zvětšování povrchu kapaliny je tedy nutno působit silou. Zvětšování povrchu je tedy spojeno se zvýšením energie částice, tzv. povrchové energie [11, 12]. Na obr. 1.10 je znázorněn rámeček s pohyblivou stě-



Obr. 1.10: Povrchové napětí

nou a blánou kapaliny. Síla F , kterou je nutno vynaložit ke zvětšení povrchu, je úměrná povrchovému napětí a vzdálenosti Δs

$$F = \sigma l. \quad (1.1)$$

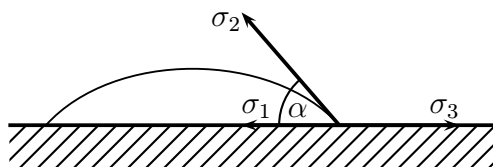
Hustota povrchové energie je práce, kterou je třeba vynaložit na zvětšení povrchu kapaliny o plošnou jednotku

$$E = \frac{F \Delta s}{\Delta s l} = \frac{\sigma l \Delta s}{\Delta s l} = \sigma. \quad (1.2)$$

Doposud byla brána v úvahu jen možnost silového působení dvou fází. Prakticky se však setkáváme se soustavami třech různých fází, pevné, kapalné a plynné (např. vnitřní povrch kapiláry, kapalina, vzduch), to je zobrazeno na [obr. 1.11](#). Jestliže je v této soustavě povrchové napětí mezi pevnou a plynnou fází větší než mezi pevnou a kapalnou fází, bude mít soustava snahu zvětšovat povrch pokrytý kapalinou na úkor povrchu pevná látka — vzduch. Kapka bude mít snahu smáčet větší povrch, úhel α se bude zmenšovat. Právě úhel α je mírou smáčivosti (úhel smáčení), přičemž platí Youngova rovnice

$$\cos \alpha = \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{\sigma_2}. \quad (1.3)$$

Kdyby vycházel $\cos \alpha > 1$, rozlije se kapka po celém povrchu pevné látky. Rozhraní pevná látka — vzduch vymizí.



Obr. 1.11: Tvar kapky na pevném povrchu

1.6.1 Hodnoty povrchového napětí

Hodnota povrchového napětí vody při 20 °C činí asi 0,073 N · m⁻¹. Tabulková hodnota pro povrchové napětí při teplotě 20 °C.

kapalina	aceton	ethanol	<i>n</i> -hexan	<i>n</i> -pentan	rtuť	voda
$\sigma \cdot 10^{-3} \text{ (N} \cdot \text{m}^{-1}\text{)}$	23,3	22,55	18,4	16,0	476	72,75

Tab. 1.1: Hodnoty povrchového napětí [\[12\]](#)

Z [tab. 1.1](#) je zřejmé, že voda má poměrně vysoké povrchové napětí. Jen rtuť má podstatně více. Povrchové napětí je silně závislé na teplotě a všeobecně platí, že klesá s rostoucí teplotou. Od kritického bodu je rovno nule [\[12\]](#).

1.7 Testovací metody

1.7.1 Kapkový test

Pro kapkový test se jako testovací kapalina volí destilovaná voda, která je na testovaný materiál kápnuta pomocí mikropipety.

Testovaný materiál musí být suchý a umístěn na nenasákavé podložce ve vodorovné poloze.

Po kapnutí destilované vody na textilií se měří čas vpití a slovně se popisuje průběh i výsledek testu.

1.7.2 Stanovení savosti vůči vodě — vzlínání

Savost vzlínáním je schopnost plošné textilie přijímat vodu, která vniká do plošných textilií působením kapilárních sil. Udává se v mm za určitý časový úsek.

Klimatizované vzorky o velikosti 225×10 mm se upevní na vodorovné rameno stojanu. Napnuté vzorky se umístí nad zkušební kapalinu o teplotě 18 až 22 °C a následně ponoří do zkušební kapaliny. Zkoušený vzorek bude ponořen jen těsně pod hladinu zkušební kapaliny. Doba vzlínání se volí z řady: 10 s, 20 s, 30 s nebo 30 min.

1.7.3 Rastrovací elektronová mikroskopie

Rastrovací elektronová mikroskopie (SEM) využívá svazku elektronů, jímž je rastrován zkoumaný povrch vzorku [13, 20].

Mezi nesporné výhody SEM patří vysoká rozlišovací schopnost, možnost využití celé řady signálů (např. sekundární elektrony, zpětně odražené elektrony nebo Rentgenovo záření), a také možnost elektronického zpracování informací [20].

Jako nevýhodu lze uvést, že pro klasický detektor sekundárních elektronů nesusoucích převážně topografickou informaci musí být vzorek vodivý. Další nevýhodou SEM je omezená velikost vzorku, který musí být zbaven organických nečistot a potřeba poměrně vysokého vakua (řádově 10^{-3} až 10^{-4} Pa) v tubusu a ve vzorkové komoře [20].

Tvorba obrazu a interpretace signálů

K tvorbě obrazu dochází interakcí primárního svazku elektronů s povrchem vzorku. Vzniká celá řada signálů, které jsou nositeli specifických informací o zkoumaném vzorku, a které lze analyzovat pomocí speciálních detektorů [2, 20].

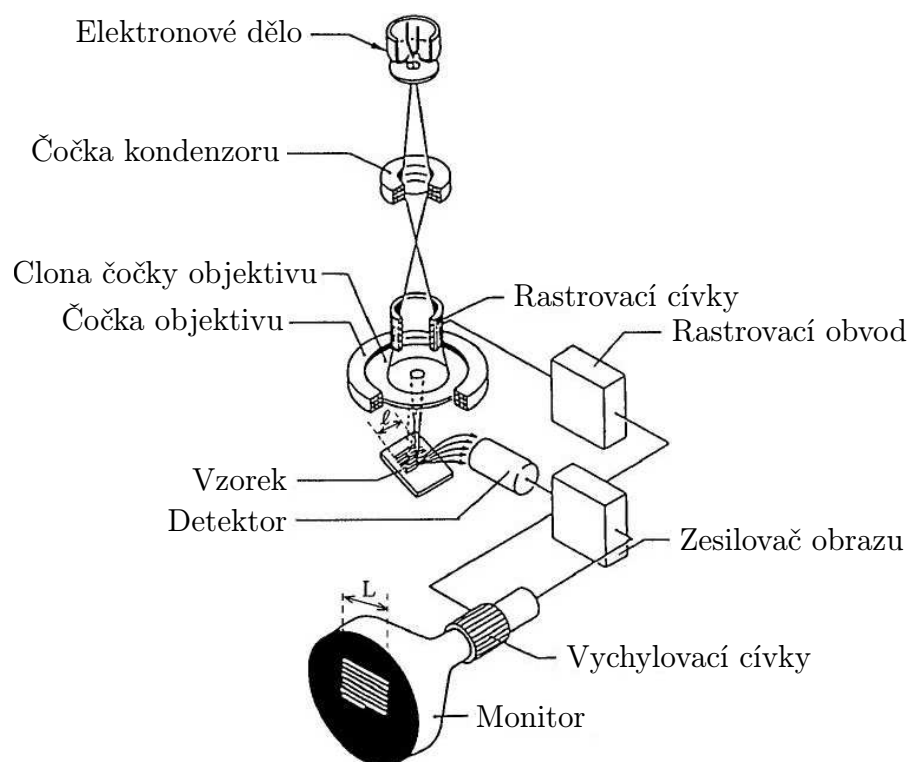
Rozdílnost interakce v konkrétních bodech vzorku je dána jeho charakterem (např. topografie, chemické složení, struktura, magnetické nebo elektrické vlastnosti). Vznik kontrastu je pak dán modulací jasu odpovídajícího bodu na obrazovce změnou intenzity výstupního signálu detektoru [20].

V SEM se na vzniku obrazu podílejí dva druhy kontrastu — chemický a topografický [20]:

- Chemický, který se projeví převážně při zobrazení pomocí zpětně odražených elektronů. Emise zpětně odražených elektronů je úměrná protonovému číslu Z . Platí, že čím větší rozdíl protonových čísel, tím větší je kontrast.
- Topografický, jehož hlavními nositeli jsou sekundární elektrony. Emise těchto elektronů je funkcí úhlu dopadu primárního svazku elektronů na povrch zkoumaného vzorku. Část povrchu s jinou orientací vůči svazku primárních elektronů emituje jinou hustotu sekundárních elektronů. Tento kontrast závisí i na typu detektoru; použitím vhodného detektoru jej lze zvýšit.

Popis rastrovacího elektronového mikroskopu

Rastrovací elektronový mikroskop znázorněný na obr. 1.12 se sestává ze zdroje elektronů, tzv. elektronového děla, systému elektromagnetických čoček kondenzoru a objektivu sloužících k fokusaci primárního svazku elektronů. Dále z rastrovacích cívek umožňujících rastrování zkoumaného povrchu vzorku a rastrovacího obvodu, který slouží k synchronizaci pohybu svazku elektronů po vzorku s odpovídajícím bodem na monitoru. Vzorek se umísťuje do vakuové vzorkové komory, ve které jsou umístěny speciální detektory analyzující jednotlivé výstupní signály, které jsou přes zesilovač obrazu vedeny na vychylovací cívky obrazovky, kde dochází ke vzniku kontrastu [20].



Obr. 1.12: Schéma rastrovacího elektronového mikroskopu [2]

Kapitola 2

Experimentální část

2.1 Použitý materiál a přístroje

2.1.1 Textilní materiál

Jako textilní materiál byla použita **PP** netkaná textilie, zpevněná kalandrováním s plošnou hmotností $87,375 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ a tloušťkou 0,320 mm. Navlhavost **PP** je prakticky nulová, vzorky proto nevyžadovaly sušení do konstantní hmotnosti.

2.1.2 Chemikálie

CMC–Na

- bílý jemný prášek
- ztráta její hmotnosti při sušení za teploty $110^\circ\text{C} \leq 15\%$
- zastoupení substituentů vodíkových atomu se pohybuje v rozmezí 0,65 až 0,9 na strukturní jednotku
- viskozita 2% vodného roztoku při 25°C je 100 až $400 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- pH vodného roztoku (10 mg/1 ml) je 6,5 až 8

Solvitose C5

- karboxymethylether škrobu složený z malých nažloutlých krystalků
- velice dobře rozpustná ve vodě

Glyoxal 40% (OHC–CHO)

- 40% bezbarvý vodný roztok ethan–1, 2–dialu, jehož triviální název je glyoxal
- jedná se o dialdehyd s molární hmotností $58,03608 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Kyselina trihydrogenfosforečná (H_3PO_4)

- 85% bezbarvý vodný roztok
- molární hmotnost je $97,99512 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Slovafol 909

- neionogenní silně dráždivý smáčecí a prací prostředek, vyrobený polyadici ethylenoxidu na alkylfenol
- nažloutlá viskózní tekutina dobré rozpustnosti ve vodě na čiré roztoky (obsah vody v roztoku maximálně 1 %)

SLS

- anionický tenzid tvořící bílé krystalky
- je součástí zubní a jiné hygieny

Glycerol

- 78,2% bezbarvý vodný roztok propan–1, 2, 3–triolu
- molární hmotnost $92,09382 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- měrná hmotnost je $1,182 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

PEG 600

- polymerní látka o PPS 600
- molární hmotnost monomeru je $60,05196 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- koncové skupiny jsou vodíkové
- je součástí hygienických a kosmetických prostředků

PEG 6000

- polymerní látka o PPS 6000
- molární hmotnost monomeru je $60,05196 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- koncové skupiny jsou vodíkové
- je součástí hygienických a kosmetických prostředků

Octan draselný (CH_3COOK)

- chemicky čistý bílý prášek
- molární hmotnost je $98,14232 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- je součástí potravin (E261)

Dihydrát chloridu vápenatého ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

- 95% bílý prášek
- molární hmotnost je $147,01360 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- je součástí potravin (E509)

Síran sodný (Na_2SO_4)

- 95% bílý prášek
- molární hmotnost je $142,04314 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- e součástí potravin (E514(i))

Sorbitol ($\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$)

- 99,9% bílý prášek
- systematický název je hexan-1, 2, 3, 4, 5, 6-hexaol
- molární hmotnost je $182,17176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- bod varu je 95°C
- je součástí potravin (E495)

2.1.3 Přístroje

Laboratorní váhy, laboratorní sklo, laboratorní ruční fulár, elektromagnetické míchadlo, horkovzdušná sušárna, mikropipeta PLASTOMED F5, rastrovací elektronový mikroskop VEGA Tescan.

2.2 Orientační experimenty s CMC–Na

U každého experimentu je uveden jeho výsledek se slovním hodnocením nebo výsledky objektivního měření.

2.2.1 Pracovní postup

V tomto oddíle je bodově popsán celý pracovní postup a jeho technické parametry:

- Vytvoření klocovací lázně.
- Smočení polypropylenového vzorku v klocovací lázni.
- Ruční třínásobné odmačknutí odmačkávacím válečkem.
- Zasušení při teplotě 80 °C po dobu 15 min.
- Kondenzace při teplotě 130 °C po dobu 5 min.
- Desetinásobný oplach v destilované H₂O.
- Sušení při teplotě 80 °C po dobu 15 min.
- Stanovení savosti vůči vodě kapkovým testem.

Pracovní postup byl dodržen u všech experimentů, na jeho mírné pozměnění je upozorněno v poznámce příslušného experimentu.

2.2.2 Experiment 1 — Experiment se základní lázní

Pro tento experiment byla použita již dříve ověřená receptura, která byla s úspěchem použita pro zlepšení hydrofility polyamidových vláken. Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.1](#).

číslo měření	CMC–Na ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glyoxal 40% ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	H ₃ PO ₄ 85% ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
0 ₁	8,0	—	—
1	8,0	0,9640	0,6686
2	5,0	0,6025	0,4179
3	3,0	0,3615	0,2507
4	1,0	0,1205	0,0836
5	0,1	0,0121	$8,3577 \cdot 10^{-3}$

Tab. 2.1: Složení klocovací lázně experimentu 1

Výsledek: Vzorek se nesmáčel již samotnou klocovací lázní, nebo bylo jeho smočení nedostatečné. Proto byl zařazen třínásobný odmačk, ale výsledky byly opět nedostačující. Výsledky jednotlivých částí experimentu shrnuje [tab. 2.2](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
1	ne	—	—	—
2	ne	—	—	—
3	ne	—	—	—
4	ne	—	—	—
5	ne	—	—	—

Tab. 2.2: Smáčení experimentu 1

2.2.3 Experiment 2 — Experiment s předkondenzováním

Pro experimenty 2/a, 2/b byl použit zcela jiný postup než je uveden v [odd. 2.2.1](#). Celý postup experimentu 2 je proto popsán znovu.

Experiment 2/a

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.3](#).

číslo měření	CMC–Na ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glyoxal 40% ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	H ₃ PO ₄ 85% ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
1	10,0	1,2050	0,8358
2	5,0	0,6025	0,4179

Tab. 2.3: Složení klocovací lázně experimentu 2/a

Výsledek: Předkondenzace nebyla ani v jednom případě úspěšná. Smočení vzorku se nezlepšilo. Vzorek se vždy klocovací lázni nesmácel. Všechny výsledky jsou v [tab. 2.4](#).

číslo měření	smočení předkondenzovanou klocovací lázni	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
1	ne	—	—	—
2	ne	—	—	—

Tab. 2.4: Smáčení experimentu 2/a

Poznámka k pracovnímu postupu:

- Vytvoření klocovací lázně.
- Předkondenzování klocovací lázně.
- Smočení polypropylenového vzorku v klocovací lázni.

Technické parametry a podmínky experimentu 2/a jsou uvedeny v [tab. 2.5](#).

teplota předkondenzace (°C)	délka intervalu předkondenzace (s)	celková doba předkondenzace (s)
125	30	270

Tab. 2.5: Technické parametry experimentu 2/a

Experiment 2/b

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.6](#).

číslo měření	CMC–Na ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glyoxal 40% ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	H ₃ PO ₄ 85% ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)
1	10,0	1,2050	0,8358
2	5,0	0,6025	0,4179

Tab. 2.6: Složení klocovací lázně experimentu 2/b

Výsledek: Celý výsledek experimentu byl obdobný jako výsledek experimentu 2/b. Změněna byla jen teplota předkondenzace. Výsledky jsou shrnuty v [tab. 2.7](#).

číslo měření	smočení předkondenzovanou klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
1	ne	—	—	—
2	ne	—	—	—

Tab. 2.7: Smáčení experimentu 2/b

Poznámka k pracovnímu postupu:

- Vytvoření klocovací lázně.
- Předkondenzování klocovací lázně.
- Smočení polypropylenového vzorku v klocovací lázni.

Technické parametry a podmínky experimentu 2/a jsou uvedeny v [tab. 2.8](#).

teplota předkondenzace (°C)	délka intervalu předkondenzace (s)	celková doba předkondenzace (s)
150	30	270

Tab. 2.8: Technické parametry experimentu 2/b

2.2.4 Experiment 3 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydrofilní látky do klocovací lázně

Pro smočení vzorku byl do klocovací lázně přidán tenzid. Množství tenzidu nebylo v jednotlivých experimentech konstantní. Hydrofilní látka byla přidána s ohledem na uchování hydrofilních vlastností polysacharidové vrstvy.

Experiment 3/a — Experiment s přidavkem Slovafolu 909 a glycerolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.9](#).

Výsledek: V experimentu 3/a bylo dosaženo v jednom případě k úspěšnému smočení vzorku klocovací lázní. Dobrého smočení bylo dosaženo i po zasušení, kondenzaci i oplachu. Výsledky jsou zřejmé z [tab. 2.10](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ 85% (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	Glycerol (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	2,364	—
0 ₂	8	—	—	—	5
0 ₃	8	—	—	2,364	5
0 ₄	8	0,9640	0,6686	—	5
1	8	0,9640	0,6686	2,364	5
2	3	0,3615	0,2507	2,364	5
3	1	0,1205	0,0836	2,364	5

Tab. 2.9: Složení klocovací lázně experimentu 3/a

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ano	1	—	—
0 ₂	ne	—	—	—
0 ₃	ano	1	—	—
0 ₄	ne	—	—	—
1	ano	1	2,9	1,8
2	nedostatečné	—	—	—
3	nedostatečné	—	—	—

Tab. 2.10: Smáčení experimentu 3/a

Experiment 3/b — Experiment s přidavkem Slovafolu 909 a glycerolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.11](#).

Výsledek: V experimentu 3/b bylo dosaženo v jednom případě k úspěšnému smočení vzorku klocovací lázní. Dobrého smočení bylo dosaženo i po zasušení, kondenzaci i oplachu. Výsledky jsou zřejmé z [tab. 2.12](#).

Experiment 3/c — Experiment s přidavkem PEG 6000 a glycerolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.13](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ 85% (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	Glycerol (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	—	10
0 ₂	8	—	—	0,685	10
0 ₃	8	0,9640	0,6686	—	10
1	8	0,9640	0,6686	0,685	10
2	3	0,3615	0,2507	0,685	10
3	1	0,1205	0,0836	0,685	10

Tab. 2.11: Složení klocovací lázně experimentu 3/b

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	0	0	0
0 ₂	ano	1	0	0
0 ₃	ne	0	0	0
1	ano	1	2,5	2,6
2	nedostatečné	0	0	0
3	nedostatečné	0	0	0

Tab. 2.12: Smáčení experimentu 3/b

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	PEG 6000 (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	—	5
0 ₂	8	—	—	0,685	5
0 ₃	8	0,964	0,6686	—	5
1	8	0,964	0,6686	0,685	10
2	8	0,964	0,6686	0,685	5

Tab. 2.13: Složení klocovací lázně experimentu 3/c

Výsledek: Experiment 3/c nepřinesl požadované výsledky. Po oplachu byla doba vpití příliš dlouhá tzn. neuspokojivá. Výsledek je shrnut v [tab. 2.14](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	0	0	0
0 ₂	ano	1	1	0
0 ₃	ne	0	0	0
1	ano	1	1	27,6
2	ano	1	1	48,3

Tab. 2.14: Smáčení experimentu 3/c

Experiment 3/d — Experiment s přidavkem **PEG 600** a glycerolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.15](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	PEG 600 (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	—	5
0 ₂	8	—	—	0,685	5
0 ₃	8	0,964	0,6686	—	5
1	8	0,964	0,6686	0,685	5
2	8	0,964	0,6686	0,685	10

Tab. 2.15: Složení klocovací lázně experimentu 3/d

Výsledek: Při použití **PEG 600** došlo ve dvou případech ke smočení vzorku a také k úspěšné hydrofilizaci vzorku. Všechny výsledky jsou shrnuty v [tab. 2.16](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
0 ₂	ano	1	1	—
0 ₃	ne	—	—	—
1	ano	1	1	1
2	ano	1	1	6,4

Tab. 2.16: Smáčení experimentu 3/d

Experiment 3/e — Experiment s přidavkem SLS a glycerolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.17](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	SLS (g · l ⁻¹)	PEG 600 (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	1,742	—
1	8	0,964	0,6686	1,742	5

Tab. 2.17: Složení klocovací lázně experimentu 3/e

Výsledek: Samotný SLS neumožnil smočení vzorku klocovací lázní. Vzorek se smočil jen v lázni obsahující glycerol i SLS současně. Doba vpití byla uspokojivá. Všechny dosažené výsledky jsou uvedeny v [tab. 2.18](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
1	ano	3	5	15

Tab. 2.18: Smáčení experimentu 3/e

Experiment 3/f — Experiment s přidavkem SLS a sorbitolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.19](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (ml · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Sorbitol (g · l ⁻¹)	SLS (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	5	1,742
1	8	0,964	0,6686	2,5	1,742
2	8	0,964	0,6686	5	1,742
3	8	0,964	0,6686	8	1,742
4	8	0,964	0,6686	10	1,742
5	8	0,964	0,6686	12	1,742

Tab. 2.19: Složení klocovací lázně experimentu 3/f

Výsledek: Tento způsob modifikace klocovací lázně nevedl ani v jednom případě ke smočení vzorku a tak k jeho následné hydrofilizaci. Výsledek uvádí [tab. 2.20](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
1	ne	—	—	—
3	ne	—	—	—
3	ne	—	—	—
4	ne	—	—	—
5	ne	—	—	—

Tab. 2.20: Smáčení experimentu 3/f

Experiment 3/g — Experiment s přídatkem Slovafolu 909 a sorbitolu

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.21](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Sorbitol (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)
1	8	0,964	0,6686	2,5	0,4728
2	8	0,964	0,6686	5	0,4728
3	8	0,964	0,6686	8	0,4728
4	8	0,964	0,6686	10	0,4728
5	8	0,964	0,6686	12	0,4728

Tab. 2.21: Složení klocovací lázně experimentu 3/g

Výsledek: Ke smočení vzorku v klocovací došlo. Vzorek se smáčel i po sušení a kondenzaci, po oplachu se již nesmáčel. Výsledky jsou uvedeny v [tab. 2.22](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
1	ano	1	1	—
3	ano	1	1	—
3	ano	1	1	—
4	ano	1	1	—
5	ano	1	1	—

Tab. 2.22: Smáčení experimentu 3/g

2.2.5 Experiment 4 — Experiment s přidavkem tenzidu, hydratační a hygroskopické látky do klocovací lázně^{2.1)}

Experiment 4/a — Experiment s přidavkem Slovafolu 909, glycerolu a CH_3COOK

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.23](#).

číslo měření	CMC–Na ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glyoxal 40 % ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	H_3PO_4 ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Slovafol 909 ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glycerol ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	CH_3COOK (g)
0 ₁	8	—	—	—	—	přebytek
0 ₂	8	—	—	—	10	přebytek
0 ₃	8	—	—	—	5	přebytek
1	8	0,964	0,6686	0,685	10	přebytek
2	8	0,964	0,6686	0,685	5	přebytek

Tab. 2.23: Složení klocovací lázně experimentu 4/a

Výsledek: Vzorek se výborně smáčel po sušení i kondenzaci bez ohledu na použité množství glycerolu. Po oplachu měl vzorek špatný omak. Špatný omak se projevil již při sušení po oplachu, proto byla umožněna i sorbce vzdušné vlhkosti volným odležením naklocovaných vzorků po dobu 12 hod. Omak i vzhled se ale ani po odležení nezměnil. V [tab. 2.24](#) jsou uvedeny jednotlivé doby vpití destilované vody v několika stupních experimentu.

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
0 ₂	ne	—	—	—
0 ₃	ne	—	—	—
1	ano	1	1	—
2	ano	1	1	—

Tab. 2.24: Smáčení experimentu 4/a

^{2.1)}Sušení u experimentů 4/a, 4/b a 4/c trvalo 15 min.

Experiment 4/b — Experiment s přidavkem Slovafolu 909, glycerolu a $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.25](#).

číslo měření	CMC–Na ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glyoxal 40 % ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	H_3PO_4 ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Slovafol 909 ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	Glycerol ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$)	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
0 ₁	8	—	—	—	—	přebytek
0 ₂	8	—	—	—	10	přebytek
0 ₃	8	—	—	—	5	přebytek
1	8	0,964	0,6686	0,685	10	přebytek
2	8	0,964	0,6686	0,685	5	přebytek

Tab. 2.25: Složení klocovací lázně experimentu 4/b

Výsledek: Po přidání $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ do klocovací lázně vznikly v roztoku sraženiny. Vzorek se výborně smácel po sušení i kondenzaci bez ohledu na použité množství glycerolu. Po oplachu měl vzorek špatný omak. Špatný omak se projevil již při sušení po oplachu, proto byla umožněna i sorbce vzdušné vlhkosti volným odležením naklocovaných vzorků po dobu 12 hod. Omak i vzhled se ale ani po odležení nezměnil. V [tab. 2.26](#) jsou uvedeny jednotlivé doby vpití destilované vody v několika stupních experimentu.

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	0	0	0
0 ₂	ne	0	0	0
0 ₃	ne	0	0	0
1	ano	1	1	1
2	ano	1	1	1

Tab. 2.26: Smáčení experimentu 4/b

Experiment 4/c — Experiment s přidavkem Slovafolu 909, glycerolu a Na_2SO_4

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.27](#).

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	Glycerol (g · l ⁻¹)	Na ₂ SO ₄ (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	—	—	—	—	přebytek
0 ₂	8	—	—	—	10	přebytek
0 ₃	8	—	—	—	5	přebytek
1	8	0,964	0,6686	0,685	10	přebytek
2	8	0,964	0,6686	0,685	5	přebytek

Tab. 2.27: Složení klocovací lázně experimentu 4/c

Výsledek: Vzorek se výborně smáčel po sušení i kondenzaci bez ohledu na použité množství glycerolu. Po oplachu měl vzorek špatný omak. Špatný omak se projevil již při sušení po oplachu, proto byla umožněna i sorbce vzdušné vlhkosti volným odležením naklocovaných vzorků po dobu 12 hod. Omak i vzhled se ale ani po odležení nezměnil. V [tab. 2.28](#) jsou uvedeny jednotlivé doby vpití destilované vody v několika stupních experimentu.

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
0 ₂	ne	—	—	—
0 ₃	ne	—	—	—
1	ano	1	1	—
2	ano	1	1	—

Tab. 2.28: Smáčení experimentu 4/c

2.3 Vyhovující experiment s CMC–Na

2.3.1 Experiment 3 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydrofilní látky do klocovací lázně

Experiment 3/h — Experiment s přidavkem PEG 600 a SLS

Ze všech všech provedených experimentů s CMC–Na je tento nejvíce vyhovující. Bylo tedy provedeno další testování dosažené úpravy metodou vztlínání. Metoda vztlínání je popsána v [odd. 1.7.2](#). Další ověření a kvalita úpravy byla vyhodnocena

SEM analýzou popsanou v odd. 1.7.3. Složení klocovací lázně a mokrý přivažek je uveden v tab. 2.29.

číslo měření	CMC–Na (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	SLS (g · l ⁻¹)	PEG 600 (g · l ⁻¹)	mokrý přivažek (%)
1	8	0,964	0,6686	5,2534·10 ⁻³	10	336
2	8	0,964	0,6686	8,7489·10 ⁻³	5	358
3	8	0,964	0,6686	8,7489·10 ⁻³	2,5	226
4	8	0,964	0,6686	8,7489·10 ⁻³	1	347

Tab. 2.29: Složení klocovací lázně a mokrý přivažek experimentu 3/h

číslo měření	CMC–Na (g · kg ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · kg ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · kg ⁻¹)	SLS (g · kg ⁻¹)	PEG 600 (g · kg ⁻¹)
1	26,88	3,239	2,246	0,0177	33,6
2	26,88	3,239	2,246	0,0313	16,8
3	26,88	3,239	2,246	0,0198	8,4
4	26,88	3,239	2,246	0,0304	3,36

Tab. 2.30: Množství složek klocovací lázně na textilií experimentu 3/h

Výsledek kapkového testu

Z tab. 2.31 je zřejmé, že vzorek se smáčel jen klocovací lázní. Toto smočení bylo nedostačující, proto bylo nutné aplikovat na vzorek třínásobný odmačk. Vzorek byl po vícenásobném působení klocovacího válečku rovnoměrně pokryt polysacharidovým filmem.

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
1	ano	—	—	—
2	ano	—	—	—
3	ano	—	—	—
4	ano	—	—	—

Tab. 2.31: Smáčení experimentu 3/h

Stanovení savosti vůči vodě — vztlínání

Měření číslo 1

Na grafu znázorněném na [obr. 2.1](#) je vidět počáteční rychlá sorbce testovací kapaliny a její zpomalení po 30 min vztlínání testovací kapaliny. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v [tab. 2.32](#).

t (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	60
h (cm)	2	3,5	4,2	5	5,5	5,7	6,2	6,5	6,7	6,9	7,3	7,5	8	8	9

Tab. 2.32: Hodnoty sacích výšek — měření číslo 1 experimentu 3/h

Měření číslo 2

Na grafu znázorněném na [obr. 2.2](#) je vidět počáteční rychlá sorbce testovací kapaliny a její zpomalení po 30 min vztlínání testovací kapaliny. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v [tab. 2.33](#).

t (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	60
h (cm)	2,2	2,5	4,2	5	5,2	5,4	5,8	6	6,3	6,5	7,1	7,8	8	9	9,5

Tab. 2.33: Hodnoty sacích výšek — měření číslo 2 experimentu 3/h

Měření číslo 3

Na grafu znázorněném na [obr. 2.3](#) je vidět počáteční rychlá sorbce testovací kapaliny a její zpomalení po 30 min vztlínání testovací kapaliny. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v [tab. 2.34](#).

t (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	60
h (cm)	1,8	2,6	3,5	4,1	4,6	5	5,5	5,8	6,1	6,3	7,2	8,2	8,7	9	10,1

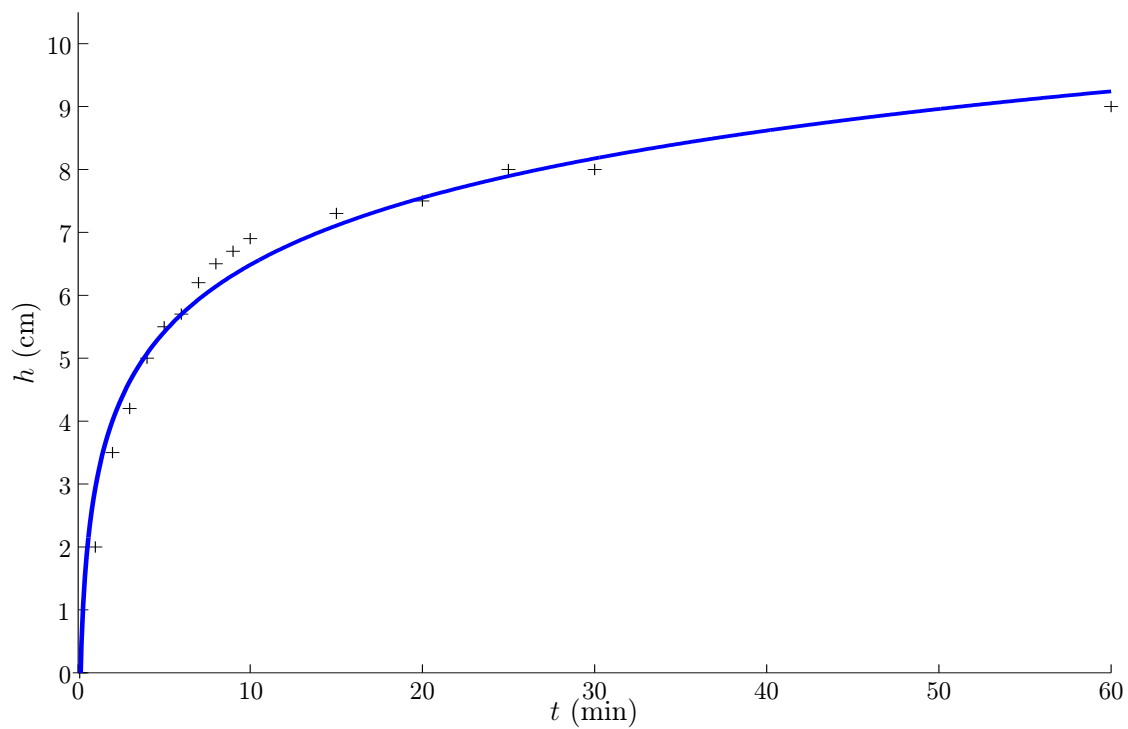
Tab. 2.34: Hodnoty sacích výšek — měření číslo 3 experimentu 3/h

Měření číslo 4

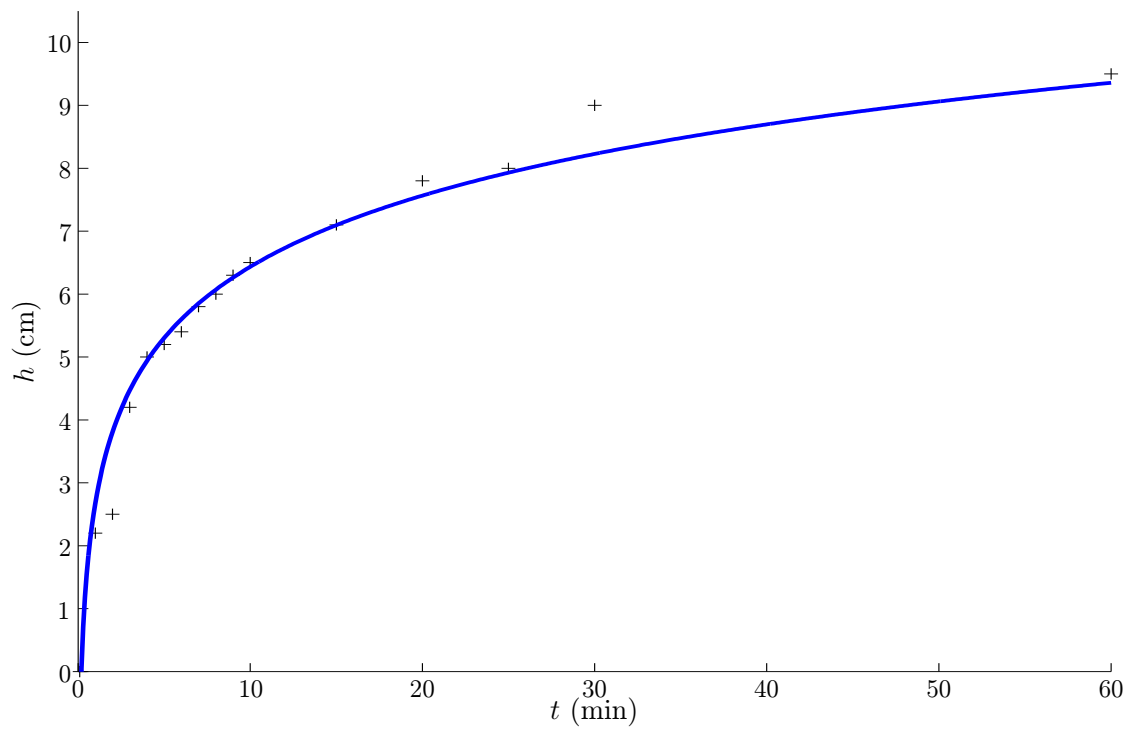
Na grafu znázorněném na [obr. 2.4](#) je vidět počáteční rychlá sorbce testovací kapaliny a její zpomalení po 30 min vztlínání testovací kapaliny. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v [tab. 2.35](#).

t (min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	60
h (cm)	1,1	2,2	3,2	3,9	4,2	4,5	4,9	5	5,2	5,2	6,2	7,2	7,7	8	8,7

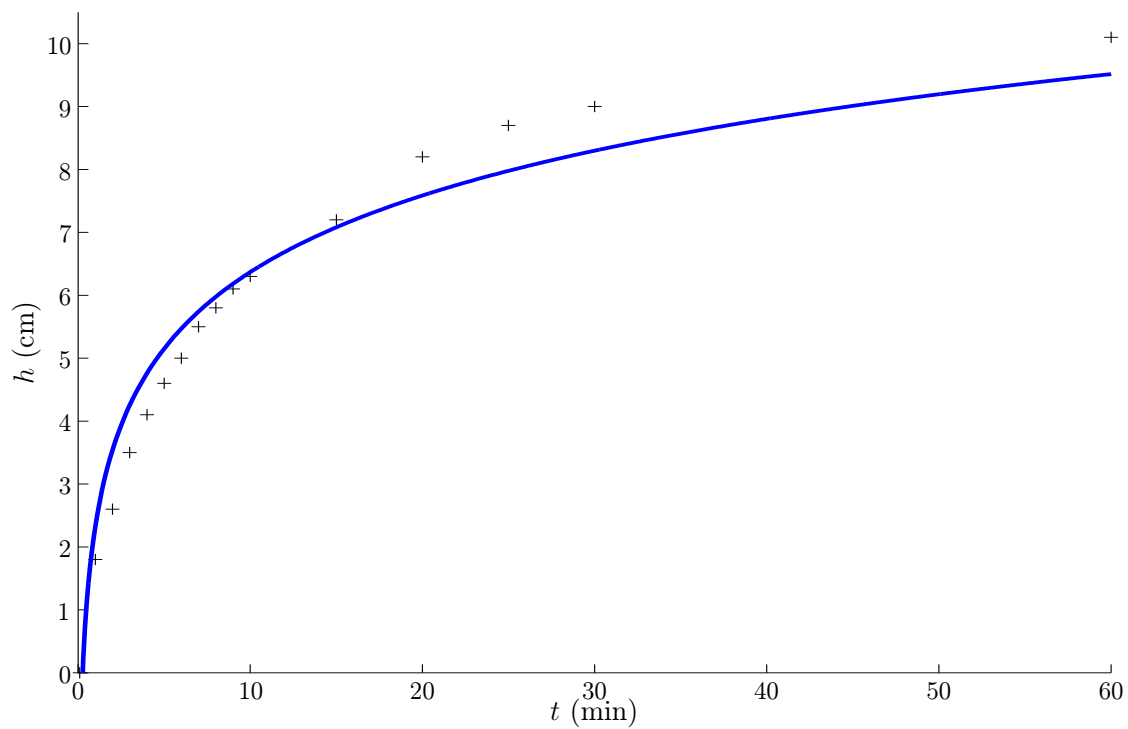
Tab. 2.35: Hodnoty sacích výšek — měření číslo 4 experimentu 3/h



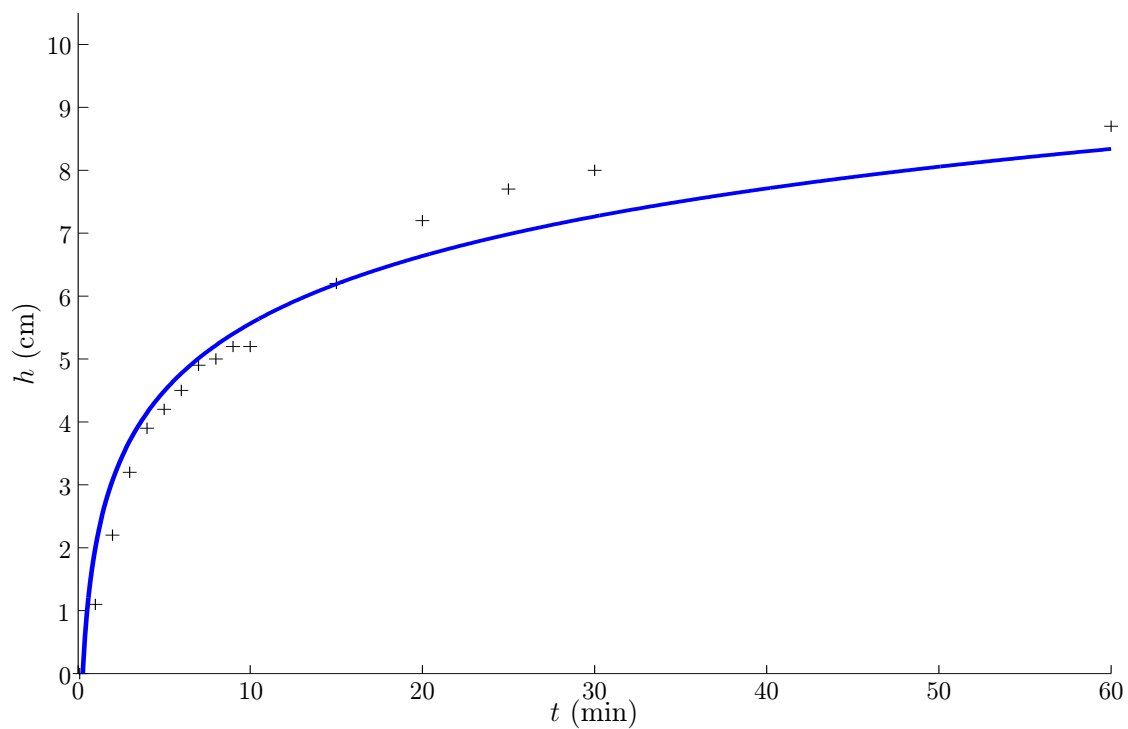
Obr. 2.1: Závislost výšky vztlínání na čase — měření číslo 1 experimentu 3/h



Obr. 2.2: Závislost výšky vztlínání na čase — měření číslo 2 experimentu 3/h



Obr. 2.3: Závislost výšky vzlínání na čase — měření číslo 3 experimentu 3/h

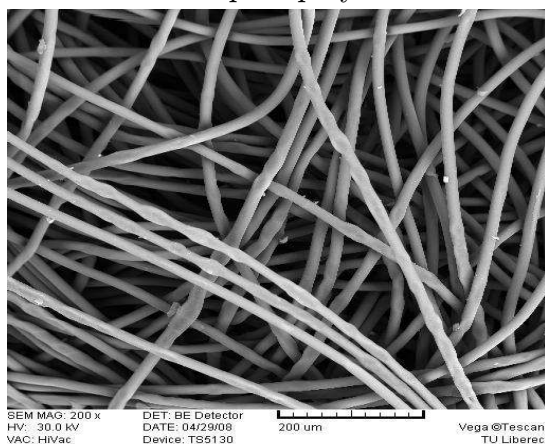


Obr. 2.4: Závislost výšky vzlínání na čase — měření číslo 4 experimentu 3/h

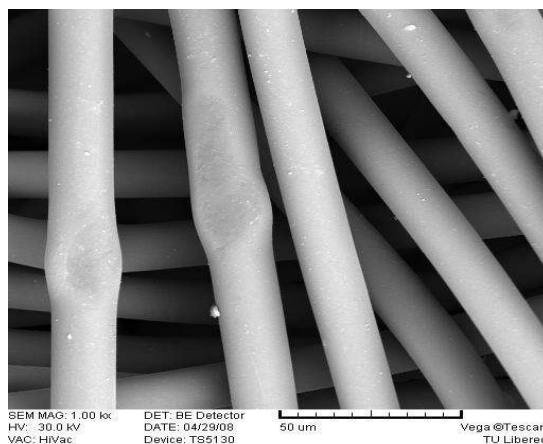
Výsledek elektronové mikroskopie

Všechny vzorky byly před vlastním pozorováním naprášeny vodivou vrstvou Pt o tloušťce několika nanometrů.

Na snímcích [obr. 2.5(a), obr. 2.5(b)] je vidět hladkost povrchu PP vzorku. Na neupraveném PP nejsou zřejmá žádná poškození, která by mohla vést k lepšímu mechanickému ulpění polysacharidového filmu na vzorku.



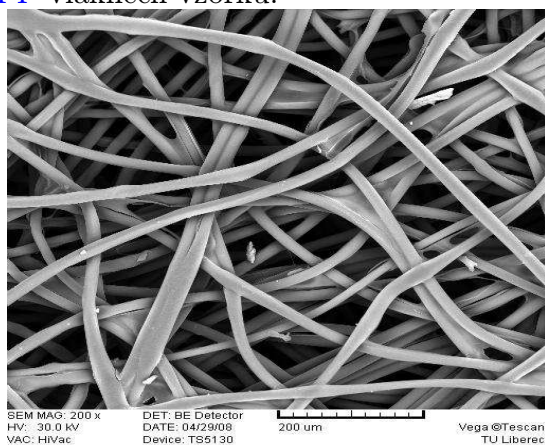
(a) Celkový snímek neupraveného vzorku



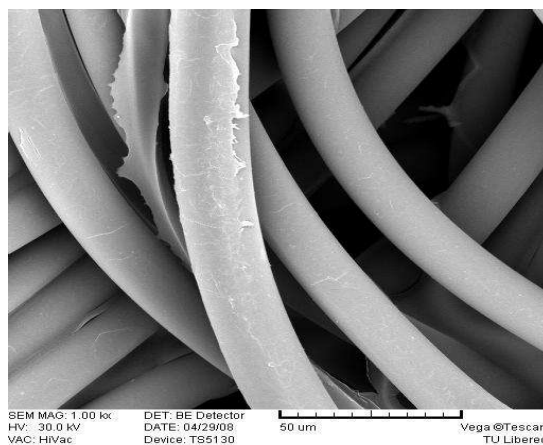
(b) Detailní snímek neupraveného vzorku

Obr. 2.5: Snímky neupraveného vzorku

Na snímku [obr. 2.6(a)] není jasně vidět kvalita pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Detailní snímek PP [obr. 2.6(b)] již více vypovídá o nekvalitním pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Polysacharidový film není těsně upevněn na PP vláknech vzorku.



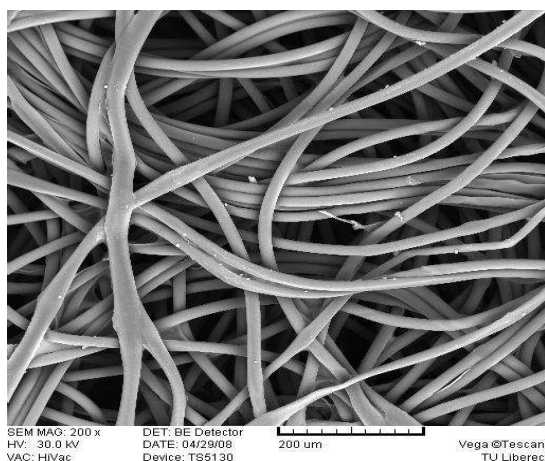
(a) Celkový snímek upraveného vzorku



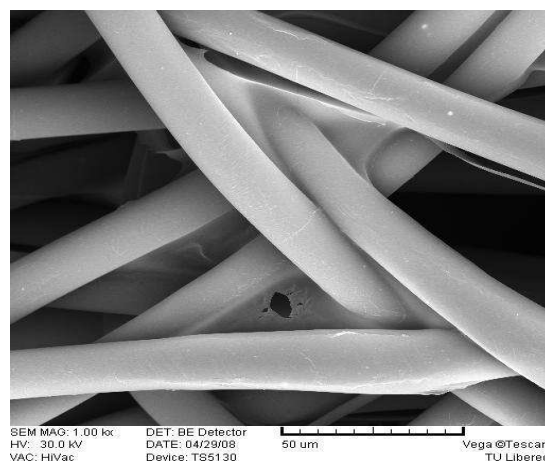
(b) Detailní snímek upraveného vzorku

Obr. 2.6: Snímky upraveného vzorku — měření číslo 1

Na [obr. 2.7(a)] není vidět kvalita pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Detailní snímek PP vzorku [obr. 2.7(b)] ukazuje kvalitní pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Na snímku je i vidět zadržení klocovací lázně mezi jednotlivými PP vlákny vzorku.



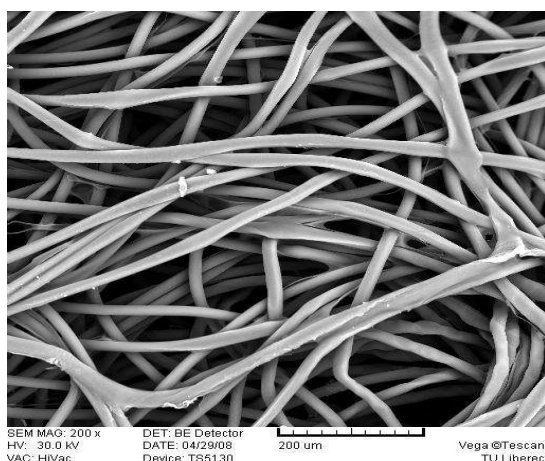
(a) Celkový snímek upraveného vzorku



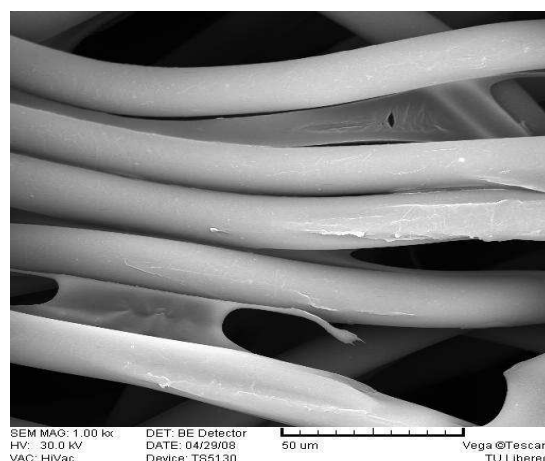
(b) Detailní snímek upraveného vzorku

Obr. 2.7: Snímky upraveného vzorku — měření číslo 2

Na [obr. 2.8(a)] není vidět kvalita pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Detailní snímek PP vzorku [obr. 2.8(b)] ukazuje kvalitní a silné pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Na snímku je i vidět zadržení klocovací lázně mezi jednotlivými PP vlákny vzorku.



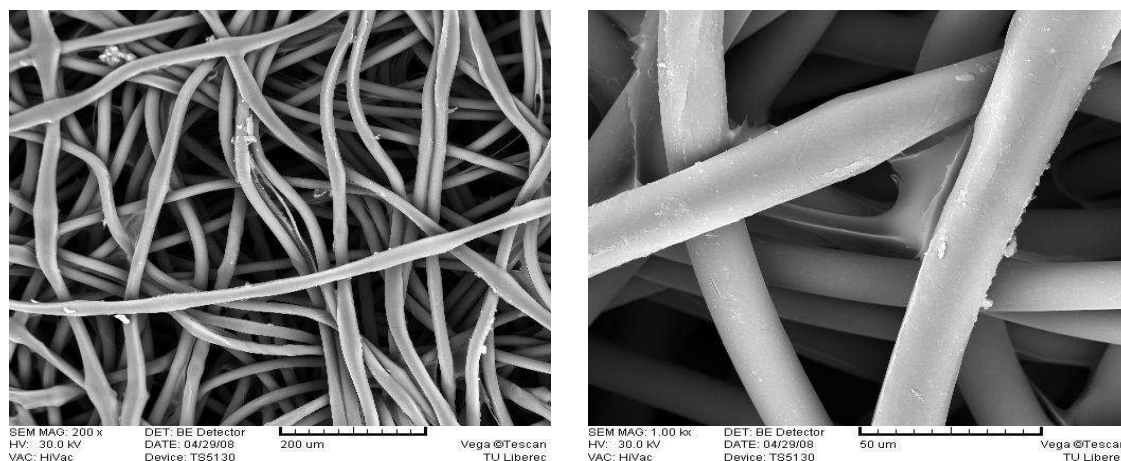
(a) Celkový snímek upraveného vzorku



(b) Detailní snímek upraveného vzorku

Obr. 2.8: Snímky upraveného vzorku — měření číslo 3

Na [obr. 2.9(a)] je již vidět nerovnoměrné pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Detailní snímek PP vzorku [obr. 2.9(b)] ukazuje nespojité a neúplné pokrytí PP vzorku polysacharidovým filmem. Je zde také vidět zadržení klocovací lázně PP vláknky vzorku.



(a) Celkový snímek upraveného vzorku

(b) Detailní snímek upraveného vzorku

Obr. 2.9: Snímky upraveného vzorku — měření číslo 4

2.4 Orientační experimenty se Solvitose C5

2.4.1 Pracovní postup

V tomto oddíle je bodově popsán celý pracovní postup a jeho technické parametry:

- Vytvoření klocovací lázně.
- Smočení polypropylenového vzorku v klocovací lázni.
- Ruční třínásobné odmačknutí odmačkávacím válečkem.
- Zasušení při teplotě 80 °C po dobu 15 min.
- Kondenzace při teplotě 130 °C po dobu 5 min.
- Desetinásobný oplach v destilované H₂O.
- Sušení při teplotě 80 °C po dobu 15 min.
- Stanovení savosti vůči vodě kapkovým testem.

2.4.2 Experiment 1 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydratační látky

Experiment 1/a — Experiment s přidavkem PEG 600 a Slovafolu 909

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.36](#).

číslo měření	Solvitose C5 (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	PEG 600 (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	0,964	0,6686	—	5
0 ₂	8	0,964	0,6686	0,783	—
1	8	0,964	0,6686	0,783	5

Tab. 2.36: Složení klocovací lázně experimentu 1/a

Výsledek: Vzorek se klocovací lázní dobře smácel v měření 0₂ a 1, bez použití Slovafolu 909 nedošlo k dostatečnému smočení vzorku již klocovací lázní. Výsledky jsou uvedeny v [tab. 2.37](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
0 ₂	ano	1	1	1
1	ano	1	1	1

Tab. 2.37: Smáčení experimentu 1/a

Experiment 1/b — Experiment s přidavkem glycerolu a Slovafolu 909

Složení klocovací lázně je uvedeno v [tab. 2.38](#).

číslo měření	Solvitose C5 (g · l ⁻¹)	Glyoxal 40 % (g · l ⁻¹)	H ₃ PO ₄ (g · l ⁻¹)	Slovafol 909 (g · l ⁻¹)	Glycerol (g · l ⁻¹)
0 ₁	8	0,964	0,6686	—	5
0 ₂	8	0,964	0,6686	0,783	—
1	8	0,964	0,6686	0,783	5
2	8	0,964	0,6686	0,783	10

Tab. 2.38: Složení klocovací lázně experimentu 1/b

Výsledek: Vzorek se klocovací lázní dobře smáčel v měření 02 a 1, bez použití Slovafolu 909 nedošlo k dostatečnému smočení vzorku již klocovací lázní. Výsledky jsou uvedeny v [tab. 2.39](#).

číslo měření	smočení klocovací lázní	doba vsáknutí po zasušení (s)	doba vsáknutí po kondenzaci (s)	doba vsáknutí po oplachu (s)
0 ₁	ne	—	—	—
0 ₂	ano	1	1	1
1	ano	1	1	1
2	ano	1	1	1

Tab. 2.39: Smáčení experimentu 1/b

Kapitola 3

Diskuse výsledků

3.1 Orientační experimenty s CMC–Na

Experiment 1 — Experiment se základní lázní

Experiment se základní lázní byl neúspěšný. Klocovací lázeň nesmáčela PP vzorek. Ke smočení nedošlo ani při vícenásobném odmačku. Bylo nutné přistoupit k modifikaci postupu klocování nebo k chemické modifikaci klocovací lázně. Modifikací bylo nutné vyřešit její uspokojivé nanesení na vzorek a zachování hydrofilních vlastností takto vzniklé polysacharidové vrstvy. Důvodem nesmočení vzorku je jeho nepolárnost a následná velká hydrofilita.

Experiment 2 — Experiment s předkondenzováním

Předkondenzováním byla sledována možnost zlepšení nánosu klocovací lázně na vzorek bez její chemické modifikace. Předkondenzace, provedená u experimentů 2/a a 2/b nevedla ani v jednom případě ke smočení vzorku. Bylo nutné přistoupit k chemické modifikaci klocovací lázně. Důvodem nesmočení byla opět hydrofobita vzorku.

Experiment 3 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydrofilní látky do klocovací lázně

Experimenty s přidavkem Slovafolu 909 a glycerolu

Sodná sůl CMC ve vodném prostředí disociuje na záporně nabitý organický a kladně nabitý anorganický iont. Z důvodu této disociace sodné soli CMC bylo zvoleno při-

dání neionogenního tenzidu. Neionogenní tenzid ve vodném prostředí nedisociuje, nedochází ke vzniku nerozpustných sraženin po reakci sodné soli [CMC](#) a tenzidu. Tenzidem byl zvolen Slovafol 909. Přidáním Slovafolu 909 byl vyřešen problém se smáčením vzorku klocovací lázně, ale vznikl nový. Slovafol 909 má špatné vlastnosti, které se projeví při jeho styku s lidskou pokožkou. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v [odd. 2.1.2](#). Pro zachování hydrofilních vlastností polysacharidového filmu bylo nutné do klocovací lázně přidat i hydrofilní složku, která toto umožní. Hydrofilní složka klocovací lázně měla být netoxická a nealergizující. To splňuje glycerol. Jeho vlastnosti jsou uvedeny v [odd. 1.4.1](#), s ohledem na možnosti zde uvedené byl glycerol dávkován v nejmenším možném množství. Jeho použité množství je uvedeno v [experimentu 3/a](#).

Experiment s přídavkem [PEG 6000](#) a glycerolu

Slovafol 909 byl nahrazen [PEG 6000](#). Jeho přidání bylo úspěšné jen po zasušení a kondenzaci vzniklé polysacharidové vrstvy. Hydrofilní vlastnosti polysacharidové vrstvy nepřetržovaly po oplachu vzorku. Smočení vzorku stále způsoboval Slovafol 909, který byl oplachem odstraněn a hydrofilní vlastnosti vzorku tak nepřetržovaly. Dávkování složek klocovací lázně je uvedeno v [experimentu 3/b](#).

Experimenty s přídavkem [PEG 600](#) a glycerolu

Náhradou [PEG 600](#) byla sledována lepší stálost hydrofilních vlastností polysacharidové vrstvy po oplachu. Tato stálost byla zlepšena náhradou [PEG 600](#), ten byl nahrazen [PEG 600](#). Kombinace modifikace pomocí glycerolu a [PEG 600](#) vedla k úspěchu. Optimalizaci množství složek klocovací lázně uvádí [experiment 3/d](#).

Experiment s přídavkem [SLS](#) a glycerolu

Ačkoliv není [PEG 600](#) pro člověka nebezpečný, jeho vlastnosti jsou uvedeny v [odd. 1.4.2](#), byl nahrazen zcela netoxickým [SLS](#). Jeho vlastnosti jsou uvedeny v [odd. 1.3.1](#). Modifikace lázně pomocí [SLS](#) a glycerolu nebyla tak úspěšná jako modifikace pomocí [SLS](#) a [PEG 600](#). Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 3/e](#).

Experiment s přídavkem [SLS](#) a sorbitolu

Náhrada glycerolu sorbitolem nevedla k úspěchu. Při experimentech bylo zjištěno, že spotřeba sorbitolu by byla až moc velká a finančně náročná. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 3/f](#).

Experiment s přidavkem Slovafolu 909 a sorbitolu

Jako možná modifikace byla navržena kombinace Slovafol 909 a sorbitolu. Opět došlo ke smáčení vzorku po jeho sušení a kondenzaci. Po oplachu ke smočení nedošlo, předchozí smočení bylo způsobeno přítomností Slovafolu 909. Tato kombinace se tedy ukázala jako nevyhovující. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 3/g](#).

Experiment 4 — Experiment s přidavkem tenzidu, hydratační a hygroskopické látky do klocovací lázně

Přidavkem hygroskopických látek byla sledována lepší hydrofilita vzniklé polysacharidové vrstvy. Jako hygroskopických látek bylo použito solí neškodných pro lidskou pokožku. Přidáním velkého množství solí vznikl nepříjemný omak vzorku. Ten byl způsoben nadměrným zadržením glycerolu a vody.

Experiment s přidavkem Slovafolu 909, glycerolu a CH_3COOK

Po přidání octanu draselného stále přetrvávala hydrofobita vzorku po oplachu. oplachem se odstranil Slovafol 909, který byl příčinou smáčení vzorku. Přídavek octanu draselného nemá tedy na hydrofilitu vzorku vliv. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 4/a](#).

Experiment s přidavkem Slovafolu 909, glycerolu a $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Po přidavku dihydrátu chloridu vápenatého do klocovací lázně vznikly v roztoku sraženiny. Smáčení vzorku bylo však úspěšné ve všech stupních experimentu. Srážení mohlo být způsobeno jen velkým množstvím $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 4/b](#).

Experiment s přidavkem Slovafolu 909, glycerolu a Na_2SO_4

Po přidání síranu sodného stále přetrvávala hydrofobita vzorku po oplachu. Oplachem se odstranil Slovafol 909, který byl příčinou smáčení vzorku. Přídavek octanu draselného nemá tedy na hydrofilitu vzorku vliv. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 4/c](#).

3.2 Vyhovující experiment s CMC–Na

Experiment 3 — Experiment s přidavkem tenzidu a hydrofilní látky do klocovací lázně

Experiment s přidavkem PEG 600 a SLS

Jako nejvíce vyhovující se ukázala modifikace klocovací lázně kombinací PEG 600 a SLS. Touto kombinací se odstranily nevyhovující vlastnosti Slovafolu 909 a možné špatné účinky glycerolu. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 3/h](#).

3.3 Orientační experimenty se Solvitose C5

Experiment s přidavkem PEG 600 a Slovafolu 909

V tomto experimentu byl pro smočení vzorku použit Slovafol 909, jehož špatné účinky jsou uvedeny v [odd. 2.1.2](#). Zachování hydrofility měl splnit PEG 600. Tento experiment byl úspěšný ve všech stupních experimentu. Hydrofilitu vzniklé polysacharidové vrstvy způsobuje kombinace PEG 600 a Solvitose C5. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 1/a](#).

Experiment s přidavkem glycerolu a Slovafolu 909

Úspěšné smočení vzorku po sušení způsobovala hlavně přítomnost Slovafolu 909. Po oplachu se vzorek smáčel přítomností glycerolu v polysacharidové vrstvě. Hydrofilitu navíc způsoboval i samotný polysacharid. Vše je podrobněji uvedeno v [experimentu 1/b](#).

Kapitola 4

Závěr

Při použití CMC se předpis klocovací lázně, používané pro jiná syntetická vlákna než jsou PP, ukázal jako nevyhovující. Nedošlo ani ke smočení vzorku klocovací lázní, proto bylo nutné celý postup nebo klocovací lázeň modifikovat. Modifikace postupu nevedla k úspěchu. Byla tedy chemicky modifikována klocovací lázeň. Modifikace měla zajistit smočení vzorku klocovací lázní a zachování hydrofility vzniklé polysacharidové vrstvy.

Smáčení vzorku bylo úspěšné s použitím Slovaolu 909, ten je ovšem hygienicky nepřijatelný, proto byla snaha ho nahradit jiným tenzidem. Zachování hydrofility vzniklé polysacharidové vrstvy měla způsobit jiná látka, obsažená v klocovací lázni nebo její kombinace s použitým tenzidem.

Jako nejúspěšnější varianta se ukázala kombinace SLS a PEG 600. Tato kombinace nepřináší nejlepší výsledky z hlediska testování kapkovým testem, ale při postupu vzlínání se jeví jako velice úspěšná. Pokrytí vláken vzorku touto vrstvou není úplné, ale dostačující.

Při použití Solvitose C5 docházelo ke smáčení vzorku i po oplachu. Tyto vlastnosti je nutné ještě prozkoumat a optimalizovat složení klocovací lázně. Metodou zvolenou při nanášení lázně bylo klocování. V celé práci je použito klocování s vysokým procentem stupně odmačky. Toto procento je vysoké z důvodu malé hmotnosti PP vzorku.

Možné technické uplatnění modifikovaného PP je při jeho použití ve zdravotnictví nebo jako prostředků osobní hygieny.

Vylepšení receptury klocovací lázně by přineslo jiné dávkování SLS nebo použití jiných a přijatelných tenzidů, jako jsou tenzidy sacharózy.

Vylepšení pracovního postupu by umožnilo plazmování. Plazmováním vzorků se docílí dočasné hydrofility a možného nanesení klocovací lázně na PP vzorek. Klocovací lázeň by tedy neobsahovala tenzid, který je jedním z problémů.

Literatura

- [1] *HOAX* [online]. 2008. [cit. 2008–01–05]. Poslední úprava 5. května 2008. Dostupné z: <<http://www.hoax.cz/cze/index.php?>>
- [2] Invitation to the SEM World. Tokyo: JEOL Serving Advanced Technology, 1996. Dostupné z: <<http://www.jeolusa.com/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?EntryId=257&PortalId=2&DownloadMethod=attachment>>. 50 p.
- [3] *Tenzidy, mýdla* [online]. 2008. [cit. 2008–03–13]. Poslední úprava 5. května 2008. Dostupné z: <<http://referaty.cz/referaty/referat.asp?id=7568>>.
- [4] *Glycerol* [online]. 2008. [cit. 2008–04–01]. Poslední úprava 18. dubna 2008. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Glycerol/>>.
- [5] *Polypropylenová vlákna* [online]. 2008. [cit. 2008–04–05]. Poslední úprava 6. února 2008. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Polypropylenov%C3%A1_vl%C3%A1kna>.
- [6] *Sorbitol* [online]. 2008. [cit. 2008–04–05]. Poslední úprava 2. dubna 2008. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Sorbitol/>>.
- [7] BĚHÁLEK, L. *Vlastnosti a inženýrské aplikace plastů: Přehled termoplastů a reaktoplastů*. Liberec: TUL, 2006. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/stud_materialy/vip/VIP%20PLASTY.pdf>. Studijní materiál.
- [8] ČERVINKA, O. – DĚDEK, V. – FERLES, M. *Organická chemie*. 4. vyd. Praha: Informatorium, 1991. 792 s. ISBN 80–85427–03–6.

- [9] CHLAOLIN, M. *Carboxymethylcellulose* [online]. 2008. [cit. 2008-02-11]. Poslední úprava 12. ledna 2008. Dostupné z: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hycmc.html/>.
- [10] CISZEWSKI, A. – RYDZYŃSKA, B. Studies on self-assembly phenomena of hydrophilization of microporous polypropylene membrane by acetone aldol condensation products: New separator for high-power alkaline batteries. *Journal of Power Sources*. April 2007, vol. 166, iss. 2, s. 526–530. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6TH1-4MWXPVF-3-1&_cdi=5269&_user=640831&_orig=search&_coverDate=04%2F15%2F2007&_sk=998339997&view=c&wchp=dGLzVlz-zSkWz&md5=f3107e761ab7208a5c97019a65e33dc5&ie=/%sdarticle.pdf.
- [11] JIRSÁK, O. – KALINOVÁ, K. *Netkané textilie*. 2. vyd. Liberec: TUL, 2003. 129 s. ISBN 80-063-03.
- [12] KOPAL, A. – MACHONSKÝ, L. – ŠIMEK, L. *Fyzika 1*. 1. vyd. Liberec: TUL, 2005. 152 p. ISBN 80-7083-903-1.
- [13] KRATOCHVÍL, B. – ŠVORČÍK, V. – VOJTĚCH, D. *Úvod do studia materiálů*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 2005. 170 s. ISBN 80-7080-568-4.
- [14] LIU, P. et al. Radiation preparation and swelling behavior of sodium carboxymethyl cellulose hydrogels. *Radiation Physics and Chemistry*. March 2002, vol. 63, iss. 3–6, s. 525–528. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6TVT-44MYVPS-14-13&_cdi=5543&_user=640831&_orig=search&_coverDate=03%2F31%2F2002&_sk=999369996&view=c&wchp=dGLzVlz-zSkWz&md5=05cbb22ac504b6ef5125b4c8009b2f4d&ie=/%sdarticle.pdf.
- [15] ODVÁRKA, J. *Technologie zušlechťování*. 1. vyd. Liberec: TUL, 2002. 117 s. ISBN 80-7083-560-5.
- [16] ODVÁRKA, J. *Teorie zušlechťování*. 2. vyd. Liberec: VŠST, 1986. 258 s. ISBN 80-808-86.

- [17] PÖLLOTH, C. F. Safety assessment on polyethylene glycols (PEGs) and their derivatives as used in cosmetic products. *Toxicology*. October 2005, vol. 214, iss. 1–2, s. 1–38. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6TCN-4GKWP4-2-F&_cdi=5175&_user=640831&_orig=search&_coverDate=10%2F15%2F2005&_sk=997859998&view=c&wchp=dGLzVzz-zSkWW&md5=0af4f733edc93eb1bcc3ab16fa240142&ie=/%sdarticle.pdf.
- [18] RÁHEL, J. et al. Hydrophilization of polypropylene nonwoven fabric using surface barrier discharge. *Surface and Coatings Technology*. June 2003, vol. 169–170, s. 604–608. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6TVV-4840WHR-Y-D&_cdi=5544&_user=640831&_orig=search&_coverDate=06%2F02%2F2003&_sk=998309999&view=c&wchp=dGLbVtz-zSkWz&md5=02f95cf1288a5fc1328039004dae5e21&ie=/%sdarticle.pdf.
- [19] SCHEJBALOVÁ, H. – STIBOR, I. *Úvod do studia organické a makromolekulární chemie*. 1. vyd. Liberec: TUL, 2004. 204 s. ISBN 80–7083–879–5.
- [20] SKOČOVSKÝ, P. – ŠIMAN, I. *Štruktúrna analýza liatin*. 1. vyd. Bratislava: ALFA, 1989. 256 s. ISBN 80–05–00092–8.
- [21] VÁCLAVÍK, J. – BARTHOVÁ, J. – PACÁK, J. *Přehled středoškolské chemie*. 1. vyd. Praha: SPN, 1996. 368 s. ISBN 80–85937–08–5.
- [22] WEI, Q. et al. Dynamic water adsorption behaviour of plasma-treated polypropylene nonwovens. *Polymer Testing*. August 2006, vol. 25, iss. 5, s. 717–722. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6TXX-4K66F2D-1-F&_cdi=5602&_user=640831&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F2006&_sk=999749994&view=c&wchp=dGLbVtb-zSkWz&md5=3531ce732f369ea3c487e5420b2f8535&ie=/%sdarticle.pdf.